

W1.2258PCT

Austauschseite

PCT/EP2005/051155

2005-08-24

10/594092

Belegexemplar

Stand am: 24.08.05

Immer auf den neuesten Stand bringen!

## Beschreibung

Optische Systeme zur Erzeugung eines Beleuchtungsstreifens

Die Erfindung betrifft optische Systeme zur Erzeugung eines Beleuchtungsstreifens gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, 8 oder 98.

Die Anwendung besteht vorrangig in der Bilddurchnahme von maschinell verarbeitetem Material zur industriellen Bildverarbeitung, z. B. von im Wertdruck verarbeitetem Bedruckstoff, wobei das optische System in oder an einer Druckmaschine, vorzugsweise in oder an einer Rotationsdruckmaschine, insbesondere in oder an einer in einem Offsetdruckverfahren, in einem Stahlstichverfahren, in einem Siebdruckverfahren oder in einem Heißprägeverfahren druckenden Druckmaschine, Verwendung findet. Alternativ oder zusätzlich zu einer Anordnung in oder an einer Druckmaschine kann das optische System auch in oder an einer ein Druckerzeugnis weiterverarbeitenden Maschine angeordnet sein. Die Bilddurchnahme erfolgt zu dem Zweck einer zumindest ausschnittsweise, vorzugsweise vollständigen Bilddarstellung des sich bewegenden Materials mit oder ohne einer Vermessung zuvor festgelegter Merkmale dieses Materials, um dieses Material hinsichtlich der Qualität eines zuvor in der Maschine ausgeführten Verarbeitungsschrittes zu beurteilen. Gattungsgemäß optische Systeme werden z. B. in einem Inline-Inspektionssystem eingesetzt und bilden damit einen Bestandteil eines Inline-Inspektionssystems.

Durch die EP 0 477 536 A2 ist ein optisches System zur Erzeugung eines Beleuchtungsstreifens auf einer Oberfläche eines Materials bekannt, wobei eine Beleuchtungseinrichtung mit mehreren Lichtquellen in einem Abstand von der Oberfläche des Materials angeordnet ist, wobei die Beleuchtungseinrichtung mit ihren Licht emittierenden Lichtquellen auf der Oberfläche des relativ zur Beleuchtungseinrichtung bewegten Materials den Beleuchtungsstreifen erzeugt, wobei die Beleuchtungseinrichtung

10/594092

1a

einen das von den Lichtquellen emittierte Licht auf den Beleuchtungsstreifen bündelnden Spiegel und an ihrer der Oberfläche des Materials zugewandten Lichtaustrittsseite einen Streukörper aufweist, wobei die Beleuchtungseinrichtung mindestens ein den Streukörper und den Spiegel aufweisendes Reflektormodul aufweist, wobei die Lichtquellen ihr Licht in das Reflektormodul einspeisen.

Durch die DE 35 27 300 C2 ist eine Bildlesevorrichtung bekannt, wobei eine Beleuchtungseinrichtung mit mehreren Gruppen von Lichtquellen vorgesehen ist, wobei die Gruppen von Lichtquellen Licht zur Erzeugung eines Beleuchtungsstreifens emittieren, wobei eine Steuereinrichtung die Gruppen von Lichtquellen gepulst betreibt, wobei reihenförmig angeordnete Fotosensoren von der Oberfläche des Materials remittiertes Licht erfassen, wobei die Fotosensoren eine Zeilenkamera bilden, wobei den Gruppen

von Lichtquellen eine von der Steuereinrichtung gesteuerte Stromquelle zugeordnet ist, wobei eine Einschaltzeit der Lichtquellen mit einer Belichtungsdauer der Zeilenkamera synchronisiert ist.

Durch die DE 41 02 122 A1 ist ein zur Anwendung in der Druckindustrie geeignetes Verfahren zur Untersuchung von bahnförmigem, durchscheinendem Material, insbesondere einer Papierbahn, bekannt, bei dem z. B. mit Leuchtdioden oder Laserdioden verwirklichte Blitzlichtlampen durch eine Papierbahn hindurchstrahlen, bei dem durch die Papierbahn strahlendes Licht zur Erzeugung eines Videosignals auf eine CCD-Matrix einer Kamera fällt, wobei aus der Beleuchtungseinrichtung in Richtung der Papierbahn austretendes Licht durch eine Milchglas-Diffusorscheibe strahlt.

Durch die DE 43 21 177 A1 ist eine Druckmaschine mit einer Inline-Bildinspektionseinrichtung zur Inspektion eines in der Druckmaschine erstellten Druckproduktes bekannt, wobei eine Bilddaten vom Druckprodukt an eine Recheneinrichtung liefernde Bilderfassungseinrichtung vorgesehen ist, wobei die Bilderfassungseinrichtung aus einem Messmodul oder mehreren jeweils einen definierten Bildbereich des Druckproduktes abtastenden Messmodulen und aus zumindest einer zugeordneten, die Bilddaten in elektrischer Form bereitstellenden und vorzugsweise von den Messmodulen räumlich getrennten Empfangseinrichtung besteht, wobei die Messmodule und die mindestens eine Empfangseinrichtung mittels mindestens eines Bildleiters miteinander verbunden sind, wobei der Bilderfassungseinrichtung eine aus Präzisionshalogenlampen bestehende Beleuchtungseinrichtung zugeordnet ist, wobei ein Blasluftrohr mit Öffnungen in Richtung des Druckproduktes bei seiner Blasluftbeaufschlagung das Druckprodukt in einem definierten Abstand zur Beleuchtungseinrichtung hält und gleichzeitig mit der Blasluft die Beleuchtungseinrichtung kühlt.

Durch die DE 100 61 070 A1 ist eine Beleuchtungseinrichtung für eine optische

Inspektionseinrichtung zur Untersuchung von Oberflächen bekannt, wobei mehrere vorzugsweise gleich lange, elektrisch miteinander verschaltete Trägerplatten mit jeweils mehreren Reihen von Leuchtdioden linienartig in einem gemeinsamen, entsprechend der mit einer konstanten Lichtabstrahlung abzutastenden Objektfläche längbaren, steifen Montageprofil eingeschoben sind, wobei zwischen den Trägerplatten und dem Montageprofil über eine mechanische Verbindung eine Wärmekopplung zur Kühlung der Leuchtdioden und ihrer Ansteuerelektronik erfolgt.

Durch die DE 202 13 431 U1 ist eine Einrichtung zur Qualitätskontrolle an Drucksachen bekannt, die gleichfalls ein in einer Druckmaschine angeordnetes Inline-Bildinspektionssystem bildet, wobei eine als eine Leuchtstoffröhre ausgebildete Beleuchtungseinrichtung und eine als eine Zeilenkamera ausgebildete Bildaufnahmeeinrichtung zum Einsatz gebracht werden.

Durch die DE 203 03 574 U1 ist ein Inline-Bildinspektionssystem für eine Druckmaschine, insbesondere einer Bogenoffsetdruckmaschine, bekannt, wobei eine als eine Leuchtstofflampe ausgebildete Beleuchtungseinrichtung unterhalb eines Fußtrittes nahe an einem einen Bedruckstoff führenden Gegendruckzylinder und eine als eine Zeilenkamera ausgebildete Bildaufnahmeeinrichtung in einem im Vergleich zur Beleuchtungseinrichtung weiteren Abstand vom Gegendruckzylinder in einer Zuordnung zum letzten Druckwerk der Druckmaschine angeordnet ist.

Durch die EP 0 762 174 A2 ist eine Vorrichtung zur linienförmigen Beleuchtung von Blattgut, wie z. B. Banknoten oder Wertpapieren, bekannt, wobei ein zylindrischer Spiegel mit zwei Spiegelsegmenten vorgesehen ist, wobei die Spiegelsegmente eine elliptische, zwei Fokuslinien aufweisende Grundfläche ausbilden, wobei die Breite der Spiegelsegmente größer oder gleich der Breite des Blattguts gewählt ist, wobei in der ersten Fokuslinie das von einer Transportvorrichtung senkrecht zu dieser Fokuslinie transportierte Blattgut und in der zweiten Fokuslinie eine Kaltlichtquelle, z. B. eine Reihe

von Leuchtdioden (LED's), angeordnet ist, wobei ein Detektor, z. B. ein CCD-Array oder einzeln oder in Gruppen angeordnete Photodioden, das vom Blattgut remittierte Licht erfasst und in Signale zur Bearbeitung in einer Bearbeitungsanlage umwandelt.

Durch die US 4,972,093 ist ein Inspektionssystem bekannt, wobei ein bewegter Prüfling von einer impulsartig angesteuerten Leuchtdiodenanordnung mit einem zwischen 20 ms und 200 ms dauernden Lichtblitz beaufschlagt wird und eine Flächenkamera ein Bild von dem gesamten Prüfling aufnimmt.

Durch die US 5,936,353 ist ein optisches System zur Erzeugung eines beleuchteten Gebildes auf einer Oberfläche eines relativ zum Gebilde bewegten Materials bekannt, wobei eine Beleuchtungseinrichtung mit mehreren elektrisch in Reihe geschalteten Lichtquellen Licht zur Erzeugung des Gebildes emittiert, wobei eine Erfassungseinrichtung mit mindestens einem Detektor von der Oberfläche des Materials remittiertes Licht erfasst, wobei die Lichtquellen auf einer Platine angeordnet sind, wobei die Platine auf einem Träger angeordnet ist, wobei der Träger in seinem Inneren mindestens einen Kanal aufweist, wobei ein flüssiges oder gasförmiges Kühlmedium zur Kühlung der Lichtquellen den Kanal durchströmt.

Durch die JP 1-255 371 A ist eine Vorrichtung zur Ansteuerung von einer zeilenförmige Beleuchtungsvorrichtung bildenden Leuchtdioden mit einer Konstantstromquelle bekannt, wobei ein Treiberkreis der Leuchtdioden über eine Abtaststeuerschaltung und einen Multiplexer mit einer Zeilenkamera verbunden ist, sodass miteinander in Wirkverbindung stehende Leuchtdioden der Beleuchtungsvorrichtung und Fotosensoren der Zeilenkamera jeweils synchronisiert sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, optische Systeme zur Erzeugung eines Beleuchtungsstreifens zu schaffen, wobei in einer vom Brennpunkt unabhängigen Anordnung der Beleuchtungsstreifen mit einer homogenen, großen Beleuchtungsstärke

beaufschlagbar ist, wobei die Beleuchtungseinrichtung in ihrer Länge auf einfache Weise bedarfsgerecht angepasst werden kann.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1, 8 oder 98 gelöst.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, dass die Beleuchtungseinrichtung durch ihr Reflektormodul mit den darin integrierten Funktionen äußerst kompakt baut und mithin problemlos in eine Druckmaschine oder eine ein Druckerzeugnis weiterverarbeitende Maschine integrierbar ist. Trotz der kompakten Bauweise der Beleuchtungseinrichtung wird der Beleuchtungsstreifen lichtstark und schattenfrei ausgeleuchtet, denn das Reflektormodul formt den Strahlengang des von den Lichtquellen emittierten Lichts, homogenisiert die emittierten Lichtstrahlen und bündelt diese gezielt zur Ausformung eines schmalen Lichtbandes. Der Einsatz eines Reflektormoduls gestattet auch die Ausbildung einer in Längsrichtung einfach zu skalierende Beleuchtungseinrichtung, sodass die Beleuchtungseinrichtung an jede erforderliche Formatbreite des Materials angepasst werden kann.

Weitere Vorteile bestehen darin, dass das Material, auf dessen Oberfläche der Beleuchtungsstreifen zu erzeugen ist, nicht in einem im direkten oder im umgelenkten Strahlengang liegenden Brennpunkt des von den Lichtquellen emittierten Lichtes angeordnet sein muss, um den Beleuchtungsstreifen in einer ausreichenden Beleuchtungsstärke erscheinen zu lassen. Eine vom Brennpunkt unabhängige Anordnung des Beleuchtungsstreifens relativ zum optischen System ist vorteilhaft, weil dann auf eine exakte Maßhaltigkeit bezüglich des Abstandes zwischen dem Beleuchtungsstreifen und der Beleuchtungseinrichtung verzichtet werden kann. Das vorgeschlagene optische System ist demnach zum beleuchteten Material abstandstolerant. Außerdem ist zwischen Bauelementen des optischen Systems, die durch eine Verschmutzung, z. B. durch Staub und Abrieb, in ihrer Funktion beeinträchtigt werden können, und dem Material,

insbesondere auch zu einer das Material bewegenden Transporteinrichtung, ein ausreichender Abstand vorgesehen, der das optische System und das Material unter den gegebenen Betriebsbedingungen in einer Druckmaschine dauerhaft und zuverlässig außerhalb eines Berührungskontaktes belässt und das optische System vorzugsweise außerhalb der Reichweite der vom bewegten Material aufgewirbelten Schmutzpartikel anordnet.

Ein von der Beleuchtungseinrichtung beleuchteter Beleuchtungsstreifen mit einer sich auf der Oberfläche des Materials orthogonal zu seiner Länge erstreckenden Breite, d. h. ein zweidimensionales, flächiges Gebilde, hat gegenüber einem auf einen Brennpunkt fokussierten linienförmigen, d. h. nur eindimensionalen, beleuchteten Gebilde den Vorteil, dass das beleuchtete Gebilde für eine zur Oberfläche des zum mindesten in Teilen reflektiven Materials unter einem Reflexionswinkel angeordnete Erfassungseinrichtung zur Erfassung des von der Oberfläche des Materials remittierten Lichtes auch bei einer reliefartigen Ausgestaltung der Oberfläche des Materials zuverlässig als eine virtuelle zeilenförmige Beleuchtungseinrichtung erscheint, weil aufgrund der Breite des Beleuchtungsstreifens sichergestellt ist, dass eine an der Oberfläche des Materials vorhandene Querschnittsfläche eines Erfassungswinkels der Erfassungseinrichtung, in welchem die Erfassungseinrichtung remittiertes Licht zu erfassen vermag, zum mindesten einen Teil einer sich über die Breite des Beleuchtungsstreifens erstreckenden Querschnittsfläche des von der Beleuchtungseinrichtung emittierten Lichtestrahlenbündels erfasst. Bei einer Vorrichtung, die Material nur linienförmig beleuchtet, besteht die Gefahr, dass das fokussierte Strahlenbündel von einer reliefartigen Oberfläche des Materials außerhalb des Erfassungswinkels der Erfassungseinrichtung reflektiert wird und folglich nicht erfasst werden kann. Im Gegensatz dazu ist das vorgeschlagene optische System auch für eine Bildaufnahme von Material mit einer diffus reflektierenden Oberfläche gut geeignet. Selbst bei einem Material mit einer reliefartigen Oberfläche tritt kaum eine Schattenwirkung auf.

Beim vorgeschlagenen optischen System ist dessen Beleuchtungseinrichtung

vorzugsweise in Modulen, d. h. in eigenständigen Funktionseinheiten, aufgebaut, was den Vorteil hat, dass eine Zeilenlänge der zeilenförmigen Beleuchtungseinrichtung ohne teure Sonderanfertigung durch einfaches Aneinanderreihen von vorgefertigten, vorzugsweise funktionsgleichen Modulen in der benötigten Anzahl an die Breite des zu beleuchtenden Materials oder zumindest an die Länge des Beleuchtungsstreifens adaptierbar ist. Gleichfalls können auch wahlweise zielgerichtet die Lichtquellen nur in denjenigen Modulen aktiviert werden, die zur Beleuchtung der Breite des zu beleuchtenden Materials oder zumindest der Länge des Beleuchtungsstreifens benötigt werden, was beim Aufbau und beim Betrieb des optischen System für dessen Wirtschaftlichkeit von Vorteil ist.

Die Verwendung von mehreren Lichtquellen je Modul hat den Vorteil, dass sich in der Praxis unvermeidbare Unterschiede in dem von den Lichtquellen abgestrahlten Licht, z. B. in dessen Wellenlänge, durch Mischung der Strahlenbündel von benachbarten Lichtquellen vergleichmäßigen und das von der Beleuchtungseinrichtung insgesamt abgestrahlte Licht in seinen optischen Eigenschaften homogenisieren. Wenn in jedem Modul vorzugsweise mehrere Gruppen von Lichtquellen angeordnet sind, wobei sich die den Gruppen zugeordneten Lichtquellen in ihren optischen Eigenschaften unterscheiden, z. B. in der Farbe des von den Lichtquellen einer jeden Gruppe ausgestrahlten Lichtes, können die einzelnen Gruppen von Lichtquellen applikationsabhängig, z. B. nach der Farbe des Lichtes, ausgewählt und angesteuert werden.

Das vorgeschlagene optische System hat den Vorteil, dass es einen unter Umständen eine große Länge von z. B. über einen Meter aufweisenden Beleuchtungsstreifen durch eine gleichmäßige, bedarfsgerechte Lichtverteilung mit einer homogenen, ausreichend großen Beleuchtungsstärke beaufschlagt und durch seinen modularen, wenig störanfälligen Aufbau auf einfache Weise an die jeweiligen Erfordernisse in einer Druckmaschine anpassbar ist. Da das zu beleuchtende Material nicht in einem Brennpunkt der Beleuchtungseinrichtung anzurichten ist, entfällt auch die Notwendigkeit für eine exakte Ausrichtung des senkrechten Abstandes der Lichtquellen zur Oberfläche

des Materials sowie eine Überwachung dieses Abstandes während des laufenden Einsatzes des optischen Systems, was die Handhabung des optischen Systems vor Ort in einem Industriebetrieb erheblich vereinfacht.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Oberfläche des bewegten Materials unabhängig von der Geschwindigkeit des bewegten Materials immer mit der gleichen Lichtmenge beleuchtet wird, wodurch sich für die Bildaufnahme eine konstante Helligkeit ergibt und unbrauchbare Bildaufnahmen vermieden werden. Auch bildet die Einschaltzeit der Lichtquelle immer eine Teilmenge der Belichtungsdauer der Zeilenkamera, sodass für das Zeitverhalten von der Einschaltzeit der Lichtquelle und der Belichtungsdauer der Zeilenkamera eine feste Korrelation sichergestellt ist. Eine digitale Zeilenkamera weist i. d. R. einen elektronischen Shutter auf, der am Ende der Belichtungsdauer der Zeilenkamera einen Ausleseimpuls zum Auslesen der von Detektoren der Zeilenkamera aufgrund des von der Oberfläche des bewegten Materials remittierten Lichtes angesammelten elektrischen Ladung abgibt. Durch die erfindungsgemäße Korrelation zwischen der Einschaltzeit der Lichtquelle und der Belichtungsdauer der Zeilenkamera wird ein sogenanntes Überlaufen der für elektrische Ladungen empfindlichen Detektoren der Zeilenkamera vermieden. Vielmehr ergibt sich in vorteilhafter Weise zumindest über einen weiten Bereich der Geschwindigkeit des bewegten Materials eine Barriere und damit eine eindeutige Trennung zwischen in Bewegungsrichtung des Materials einander nachfolgend angeordneten Detektoren der Zeilenkamera.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Oberfläche eines bewegten Materials mit einem Beleuchtungsstreifen in

einer Draufsicht;

Fig. 2 eine schematische Darstellung des optischen Systems;

Fig. 3 eine einzelne Lichtquelle der Beleuchtungseinrichtung;

Fig. 4 eine zeilenförmige Anordnung von Lichtquellen auf einer gemeinsamen Platine;

Fig. 5 eine Strahlenbündelung mit einem ersten Spiegel;

Fig. 6 eine Strahlenbündelung mit einem ersten Spiegel längs zur Länge des Beleuchtungsstreifens;

Fig. 7 eine Umlenkung des Strahlenbündels aus einem zentralen Bereich der Lichtquelle mit einem zweiten Spiegel;

Fig. 8 eine Umlenkung des Strahlenbündels aus einem zentralen Bereich der Lichtquelle mit einem zweiten Spiegel, wobei die Strahlung längs zur Länge des Beleuchtungsstreifens stärker gebündelt ist als längs zu dessen Breite;

Fig. 9 eine Bündelung der Strahlung aus einem zentralen Bereich der Lichtquelle mit einer Konvexlinse;

Fig. 10 eine Bündelung der Strahlung aus einem zentralen Bereich der Lichtquelle mit einer Konvexlinse, wobei die Strahlung längs zur Länge des Beleuchtungsstreifens stärker gebündelt ist als längs zu dessen Breite;

Fig. 11 eine zumindest teilweise Überlagerung der Strahlung von zwei benachbarten Lichtquellen mit einem vorgelagerten Streukörper;

Fig. 12 eine Seitenansicht des optischen Systems;

Fig. 13 eine mit Lichtquellen bestückte Platine auf einem von einem Kühlmedium durchströmten Träger;

Fig. 14 einen in zwei entgegengesetzten Richtungen von einem Kühlmedium durchströmten Träger;

Fig. 15 einen Träger mit einer Kühlung mit zwei Peltierelementen;

Fig. 16 eine Darstellung des Zeitverhaltens der Zeilenkamera und das der Lichtquellen;

Fig. 17 in einer perspektivischen Ansicht ein Reflektormodul.

Beispielsweise in einer Druckmaschine, vorzugsweise in einer Rotationsdruckmaschine, insbesondere in einer in einem Offsetdruckverfahren druckenden Druckmaschine, wird ein in der Fig. 1 dargestelltes Material 03 mit einer Oberfläche 02 in einer durch einen Pfeil angedeuteten Bewegungsrichtung 04 bewegt. Die Bewegung erfolgt durch eine, z. B. in oder an der Druckmaschine angeordnete, hier nicht dargestellte Transporteinrichtung, wobei die Bewegung des Materials 03 während des Betriebes des nachfolgend noch näher beschriebenen optischen Systems vorzugsweise in nur einer einzigen Bewegungsrichtung 04 erfolgt, und zwar vorzugsweise linear. Die Geschwindigkeit des bewegten Materials 03 kann gleichförmig oder auch veränderlich sein.

Das Material 03 ist vorzugsweise ebenflächig und flach, z. B. als ein Bogen 03 oder als eine Materialbahn 03, ausgebildet. Das Material 03 ist insbesondere als ein z. B. aus Papier bestehender Bedruckstoff 03 ausgebildet, z. B. als ein Wertpapier 03 oder als eine Banknote 03. Die Oberfläche 02 des Materials 03 kann ein Relief oder eine sonstige aus

der Oberfläche 02 herausragende oder in die Oberfläche 02 als eine Vertiefung eingravierte Struktur aufweisen, wobei eine Höhe oder Tiefe des Reliefs bzw. der Struktur im Vergleich zu einer Breite B03 des Materials 03 sehr klein ist. Zumindest ein Teil der Oberfläche 02 des Materials 03 ist z. B. durch Auftragung eines reflektiven Werkstoffs, z. B. eines Lackes, oder einer Folie, durch Einbringung eines Fensterfadens oder einer anderen vorzugsweise metallischen Applikation in das Material 03, reflektiv ausgebildet.

Eine in der Fig. 2 nur symbolhaft dargestellte Beleuchtungseinrichtung 06 erzeugt auf der Oberfläche 02 des Materials 03 ein beleuchtetes Gebilde 01 vorzugsweise in Form eines Beleuchtungsstreifens 01 mit einer Länge L01 und einer Breite B01 (Fig. 1), wobei sich die Breite B01 auf der Oberfläche 02 des Materials 03 orthogonal zur Länge L01 erstreckt. Die Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 ist vorzugsweise in die Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 gerichtet, wohingegen die Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 vorzugsweise parallel zur Breite B03 des Materials 03 gerichtet ist und sich über Teile der Breite B03 des Materials 03 oder über dessen gesamte Breite B03 erstrecken kann. Die Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 beträgt z. B. mindestens 3 mm, vorzugsweise mindestens 8 mm. Die Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 ist somit vorzugsweise zumindest im Wesentlichen parallel zur Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 gerichtet, wobei die Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 innerhalb der von der Länge L01 und der Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 aufgespannten Ebene liegt. Das Material 03 ist vorzugsweise zumindest im Bereich des Beleuchtungsstreifens 01 nicht gewölbt.

Die Beleuchtungseinrichtung 06 weist mehrere zeilenförmig nebeneinander angeordnete Lichtquellen 07 auf, sodass die gesamte Beleuchtungseinrichtung 06 zeilenförmig ausgebildet ist. Die zeilenförmig angeordneten Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 sind vorzugsweise parallel zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 angeordnet. Die Lichtquellen 07 haben zur Oberfläche 02 des Materials 03 jeweils einen Abstand A07, wobei der Abstand A07 vorzugsweise zwischen

30 mm und 200 mm, insbesondere zwischen 70 mm und 140 mm beträgt. Der Abstand A07 der Lichtquellen 07 steht vorzugsweise jeweils lotrecht auf der Oberfläche 02 des Materials 03. Alle Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 sind vorzugsweise gleichartig ausgebildet, z. B. als helle, lichtestarme Leuchtdioden 07 oder als Laserdioden 07. In der Beleuchtungseinrichtung 06 können auch Gruppen von jeweils mehreren zeilenförmig nebeneinander angeordneten Lichtquellen 07 vorgesehen sein, wobei sich die einzelnen Gruppen von Lichtquellen 07 in ihren optischen Eigenschaften, z. B. in der Wellenlänge, des von ihnen emittierten Lichtes unterscheiden. So kann z. B. eine Gruppe von Lichtquellen 07 weißes Licht emittieren, wohingegen eine andere Gruppe von Lichtquellen 07 monochromes Licht emittiert. Es kann vorgesehen sein, dass eine mit der Beleuchtungseinrichtung 06 verbundene Steuereinrichtung 23 einzelne Lichtquellen 07 oder Gruppen von Lichtquellen 07 applikationsabhängig, z. B. in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Oberfläche 02 des Materials 03 nach der Farbe des Lichtes ausgewählt und jeweils einzeln sowie vorzugsweise unabhängig voneinander ansteuert, d. h. wahlweise aktiviert. So kann die Steuereinrichtung 23 eine Gruppe von Lichtquellen 07 auch unabhängig von mindestens einer anderen Gruppe von Lichtquellen 07 z. B. in ihrer Helligkeit und/oder Leuchtdauer ansteuern. Auch ist es mit der wahlweisen Aktivierung einzelner Lichtquellen 07 oder der wahlweisen Aktivierung von Gruppen von Lichtquellen 07 möglich, die Länge L01 des von den Lichtquellen 07 erzeugten Beleuchtungsstreifens 01 variabel zu gestalten, sodass die Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 auf einfache Weise z. B. an die Breite B03 des zu beleuchtenden Materials 03 angepasst werden kann. Es kann auch vorgesehen sein, dass in Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung 06 auf der Oberfläche 02 des Materials 03 nur ausgewählte Bereiche beleuchtet werden, wobei beleuchtete Bereiche in Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung 06 von unbeleuchteten oder z. B. andersfarbig beleuchteten Bereichen unterbrochen sein können. Dabei ist der Beleuchtungsstreifen 01 i. d. R. vorzugsweise jeweils außerhalb eines im direkten oder im umgelenkten Strahlengang liegenden Brennpunktes des von den Lichtquellen 07 emittierten Lichtes angeordnet.

Die Beleuchtungseinrichtung 06 besteht z. B. aus mehreren zeilenförmig aneinander gereihten Modulen M61 bis M65 (Fig. 12) jeweils mit mehreren zeilenförmig nebeneinander angeordneten Lichtquellen 07, wobei eine Trennfuge 26 zwischen zwei benachbarten Modulen M61 bis M65 vorzugsweise schräg zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 angeordnet ist. Die einzelnen Module M61 bis M65 der Beleuchtungseinrichtung 06 können z. B. funktionsgleich ausgebildet sein. So kann z. B. eine der Breite B03 des zu beleuchtenden Materials 03 entsprechende Zeilenlänge der aus mehreren aneinander gereihten Modulen M61 bis M65 zusammengesetzten Beleuchtungseinrichtung 06 durch ein Einschalten von den zeilenförmig angeordneten Lichtquellen 07 der betroffenen Module M61 bis M65 aktiviert werden oder es kann eine der Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 entsprechende Zeilenlänge der aus mehreren aneinander gereihten Modulen M61 bis M65 zusammengesetzten Beleuchtungseinrichtung 06 durch ein Einschalten von den zeilenförmig angeordneten Lichtquellen 07 der betroffenen Module M61 bis M65 aktiviert werden. Auch können die Lichtquellen 07 einzelner ausgewählter Module M61 bis M65 unabhängig von den Lichtquellen 07 anderer M61 bis M65 aktiviert werden.

Fig. 3 zeigt in einer nur zweidimensionalen Darstellung eine einzelne Lichtquelle 07 der Beleuchtungseinrichtung 06. Die Lichtquelle 07 emittiert ihr Licht in einen Raumwinkel  $\omega$ , wobei der Raumwinkel  $\omega$  eine aus einer Kugel ausgeschnittene Fläche AK, also eine Kugeloberfläche AK, bis zur Größe einer Halbkugel aufspannt.

Fig. 4 zeigt mehrere, z. B. vier der in der Fig. 3 gezeigten Lichtquellen 07 zeilenförmig nebeneinander auf einer gemeinsamen Platine 21 angeordnet. Vorzugsweise ist die zu den jeweiligen Lichtquellen 07 gehörende Stromquelle 22 auf derselben Platine 21 angeordnet. Die Stromquelle 22 ist vorzugsweise als eine Konstantstromquelle 22, insbesondere als eine steuerbare Konstantstromquelle 22, ausgebildet.

Zu einem optischen System, das vorzugsweise Bestandteil eines in oder an einer Druckmaschine oder einer ein Druckerzeugnis weiterverarbeitenden Maschine angeordneten Inspektionssystems ist und das zur Beurteilung der Qualität von einem mit der Druckmaschine produzierten Druckerzeugnis verwendet wird, gehört außer der Beleuchtungseinrichtung 06 – wie es der Fig. 2 entnehmbar ist – zumindest auch eine Erfassungseinrichtung 08 mit mindestens einem in einem Abstand A09 von der Oberfläche 02 des Materials 03 angeordneten Detektor 09, wobei der Detektor 09 von der Oberfläche 02 des Materials 03 remittiertes Licht erfasst. Die Erfassungseinrichtung 08 ist z. B. als eine Kamera 08, vorzugsweise eine Zeilenkamera 08, insbesondere eine Farbzeilenkamera 08, ausgebildet. Auch die Erfassungseinrichtung 08 weist vorzugsweise mehrere zeilenförmig nebeneinander angeordnete Detektoren 09 auf, wobei die zeilenförmig angeordneten Detektoren 09 vorzugsweise parallel zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 und/oder parallel zur Breite B03 des Materials 03 angeordnet sind. Ein zwischen Zeilen von zeilenförmig angeordneten Detektoren 09 bestehender Abstand ist vorzugsweise zur Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 gleichgerichtet, d. h. in Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 einander nachfolgend angeordnete Zeilen von Detektoren 09 sind vorzugsweise orthogonal zur Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 angeordnet. Der Detektor 09 der Erfassungseinrichtung 08 kann z. B. als ein CCD-Array 09 oder als eine Gruppe von Photodioden 09 ausgebildet sein. Der Detektor 09 der Erfassungseinrichtung 08 wandelt das erfasste remittierte Licht in ein elektrisches Signal um und führt das elektrische Signal zu seiner Auswertung einer mit der Erfassungseinrichtung 08 verbundenen Bildverarbeitungseinrichtung 24 zu.

Fig. 5 zeigt, dass in dem optischen System den Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 mindestens ein erster Spiegel 11 mit mindestens einer längs zur Länge L01 und/oder zur Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 gerichteten Wirkfläche 12 zugeordnet ist, wobei die Wirkfläche 12 des ersten Spiegels 11 das in den Raumwinkel  $\omega$  emittierte Licht von mindestens einer der Lichtquellen 07 der

Beleuchtungseinrichtung 06 auf eine kleinere erste Hüllfläche AH1 als die zu dem Raumwinkel  $\omega$  gehörende Kugelfläche AK einschränkt. Die Wirkfläche 12 des ersten Spiegels 11 kann plan oder konkav ausgebildet sein. Dabei kann die mindestens eine längs zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 gerichtete Wirkfläche 12 des ersten Spiegels 11 das in den Raumwinkel  $\omega$  emittierte Licht von mindestens einer der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 stärker auf eine kleinere zweite Hüllfläche AH2 einschränken als die mindestens eine längs zur Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 gerichtete Wirkfläche 12 dieses ersten Spiegels 11, wie es die Fig. 6 im Vergleich zur Strahlenbündelung gemäß der Fig. 5 zeigt. Vorzugsweise weist mindestens eine Lichtquelle 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 einen ersten Spiegel 11 mit mindestens zwei zu einem von der Lichtquelle 07 emittierten Zentralstrahl 13 symmetrischen Wirkflächen 12 auf.

Zur Umlenkung der von mindestens einer der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 in einem den Zentralstrahl 13 umgebenden zentralen Bereich 14 emittierten Strahlung kann, wie in den Fig. 7 und 8 dargestellt, z. B. ein zweiter Spiegel 16 vorgesehen sein, wobei dessen mindestens eine Wirkfläche 17 in dem den Strahlengang des Zentralstrahls 13 umgebenden zentralen Bereich 14 innerhalb des Raumwinkels  $\omega$  des von der Lichtquelle 07 emittierten Lichtes angeordnet ist, wobei die Wirkfläche 17 des zweiten Spiegels 16 das von mindestens einer der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 emittierte Licht gegen mindestens eine längs zur Länge L01 und/oder zur Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 gerichtete Wirkfläche 12 des ersten Spiegels 11 umlenkt. Dabei kann die von der Lichtquelle 07 emittierte Strahlung vorzugsweise längs zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 stärker gebündelt werden als die Strahlung längs zu dessen Breite B01. Auch die Wirkfläche 17 des zweiten Spiegels 16 kann plan oder konkav ausgebildet sein. Die dem zentralen Bereich 14 zuzuordnende, von den jeweiligen Lichtquellen 07 emittierte Strahlung ist in den Fig. 7 bis 10 jeweils mit durchgängigen Pfeillinien angedeutet, wohingegen von den Lichtquellen 07 in ihrem jeweiligen Raumwinkel  $\omega$  peripher emittierte Strahlung mit gestrichelten Pfeillinien

angedeutet ist.

Alternativ kann gleichfalls zur Umlenkung der von mindestens einer der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 in einem den Zentralstrahl 13 umgebenden zentralen Bereich 14 emittierten Strahlung gemäß den Fig. 9 und 10 mindestens eine Linse 18, insbesondere eine bikonvexe Linse 18, in dem den Strahlengang des Zentralstrahls 13 umgebenden zentralen Bereich 14 innerhalb des Raumwinkels  $\omega$  des von mindestens einer der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 emittierten Lichtes angeordnet sein, wobei zwischen der Lichtquelle 07 und einem Zentrum Z18 der Linse 18 ein Abstand A18 besteht, wobei der Abstand A18 vorzugsweise geringer als die Hälfte des Abstandes A07 zwischen der Lichtquelle 07 und der Oberfläche 02 des Materials 03 ist. Dabei kann die Linse 18 nicht rotationssymmetrisch ausgebildet sein, um die von der Lichtquelle 07 emittierte Strahlung vorzugsweise längs zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 stärker zu bündeln als längs zu dessen Breite B01.

Die Fig. 11 zeigt, dass die Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 vorzugsweise derart angeordnet sind, dass sich die jeweiligen Raumwinkel  $\omega$  oder zumindest die Hüllflächen AH1; AH2 des von mindestens zwei benachbarten Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 emittierten Lichtes zumindest in einem den Beleuchtungsstreifen 01 beleuchtenden Teilbereich 19 überlagern. Diese Überlagerung ist insbesondere auch dann vorgesehen, wenn die beteiligten benachbarten Lichtquellen 07 in zwei benachbarten Modulen M61 bis M65 angeordnet sind. Aus der Fig. 11 ist auch ersichtlich, dass an jeder einzelnen Lichtquelle 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 jeweils ein erster Spiegel 11 mit mindestens einer Wirkfläche 12, vorzugsweise mit zwei zueinander symmetrischen Wirkflächen 12, zumindest längs zur Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 vorgesehen sein kann.

Des Weiteren kann die Beleuchtungseinrichtung 06 an einer der Oberfläche 02 des Materials 03 zugewandten Seite, d. h. an einer Lichtaustrittsseite der

Beleuchtungseinrichtung 06, einen Streukörper 38, d. h. einen Licht streuenden Körper, aufweisen, z. B. ein Lenticular oder eine Prismenfolie, wobei der Streukörper 38 das von den Lichtquellen 07 auf die Oberfläche 02 des Materials 03 abgestrahlte Licht vorzugsweise nur oder zumindest ganz überwiegend längs zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 verteilt. In einer bevorzugten Ausführung sind der Streukörper 38 und zumindest einer der Spiegel 11; 16 der Beleuchtungseinrichtung 06 in einem einzigen, als Reflektormodul 39 bezeichneten Bauteil ausgebildet, wobei vorzugsweise eine Gruppe von z. B. fünf bis zehn linienförmig nebeneinander angeordneten Lichtquellen 07 ihr Licht jeweils in ein entlang dieser Reihe von Lichtquellen 07 angeordnetes Reflektormodul 39 einstrahlen. Zu diesem Zweck sind die Lichtquellen 07 an der der Lichtaustrittsseite diametral gegenüberliegenden Seite des Reflektormoduls 39 angeordnet oder dort sogar in den Reflektormodul 39 eingesenkt. Das Reflektormodul 39 ist ein z. B. aus einem vorzugsweise transparenten Kunststoff spritzgießtechnisch gefertigtes Bauteil. Das Reflektormodul 39 ist demnach vorzugsweise als ein insbesondere massives Formteil ausgebildet, in dem der Streukörper 38 und zumindest einer der Spiegel 11; 16 gemeinsam ausgebildet sind, und zwar derart, dass in dem Formteil keine optisch relevante Grenzfläche den Streukörper 38 von dem mindestens einen Spiegel 11; 16 trennt. Fig. 17 zeigt in einer perspektivischen Ansicht beispielhaft ein Reflektormodul 39 mit einem an der Lichtaustrittsfläche vorzugsweise integriert ausgebildeten Streukörper 38, wobei der Streukörper 38 an der Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls 39 z. B. als eine Rillenstruktur ausgebildet ist, d. h. an dem Formteil z. B. angeformt sind, wobei das Reflektormodul 39 in der Beleuchtungseinrichtung 06 derart angeordnet wird, dass die parallel verlaufenden Rillen vorzugsweise mit der Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 gleichgerichtet sind. Auch die Anordnung der Spiegel 11; 16 und/oder die Linse 18 können integrativ in dem Reflektormodul 39 ausgebildet sein. Das Reflektormodul 39 ist vorzugsweise mit einer sich in Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung 06 erstreckenden Vertiefung ausgebildet, wobei die Vertiefung die Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls 39 in zwei vorzugsweise gleich breite Teilbereiche teilt, wobei mindestens einer, vorzugsweise jeder dieser Teilbereiche

der Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls 39 seinerseits als eine Linse, insbesondere als eine Konvexlinse ausgebildet ist. Mindestens einer, vorzugsweise jeder dieser Teilbereiche der Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls 39 bündelt den an der Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls 39 austretenden Lichtstrom in Richtung des auf der Oberfläche 02 des Materials 03 auszubildenden Beleuchtungsstreifens 01. Das Reflektormodul 39 ist vorzugsweise aus mehreren aneinander gereihten Segmenten aufgebaut, wobei jedes Segment den von einer der Lichtquellen 07 in das Reflektormodul 39 eingespeisten Lichtstrahlengang formt. Das Reflektormodul 39 ist vorzugsweise auf der die Lichtquellen 07 tragenden Platine 21 oder auf dem Träger 27 z. B. mit an dem Reflektormodul 39 angeformten Montageelementen 41 aufmontiert. Jedem der längs zur Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 angeordneten Modulen M61 bis M65 ist vorzugsweise jeweils mindestens ein Reflektormodul 39 zugeordnet.

Der Streukörper 38 der Beleuchtungseinrichtung 06 wirkt damit gleichfalls wie die Anordnung der Spiegel 11; 16 und/oder der Linse 18 hinsichtlich der Verteilung des von den Lichtquellen 07 emittierten Lichtes formend und homogenisierend. Insbesondere der Streukörper 38 trägt zu einer diffusen, schattenfreien Ausleuchtung des Beleuchtungsstreifens 01 selbst auf einer mit einer feinen Struktur versehenen Oberfläche 02 des Materials 03 bei, wobei der Beleuchtungsstreifen 01 trotz des Abstandes A07, den die Lichtquellen 07 jeweils zur Oberfläche 02 des Materials 03 aufweisen, gleichzeitig als ein sehr helles Leuchtband ausgebildet wird. Die Anordnung der Spiegel 11; 16 und/oder der Linse 18 sowie insbesondere der Streukörper 38 tragen dazu bei, dass aus der Beleuchtungseinrichtung 06 Licht in einer homogenen Lichtverteilung austritt und somit selbst auf einer spiegelnden Oberfläche 02 des Materials 03, z. B. auf einem reflektierenden Lack, einem Kaltsiegel, einem Fensterfaden, einem Patch oder ähnlichem, eine innere Struktur der Beleuchtungseinrichtung 06, d. h. die Anordnung von deren einzelnen Lichtquellen 07, nicht abgebildet und folglich auch bei einer Betrachtung unter dem entsprechenden Reflexionswinkel nicht sichtbar wird.

Fig. 12 zeigt eine Ansicht des optischen Systems, wobei die Betrachtung aus einer lotrecht zur Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 stehenden Ebene erfolgt. Die Beleuchtungseinrichtung 06 und der auf der Oberfläche 02 des Materials 03 beleuchtete Beleuchtungsstreifen 01 sind im Abstand A07 parallel zueinander angeordnet, jedoch kann eine Erstreckung der Beleuchtungseinrichtung 06, d. h. ihre Länge B06, größer sein als die Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 oder als die Breite B03 des Materials 03. Die Beleuchtungseinrichtung 06 ist in mehrere Module M61 bis M65 aufgeteilt, d. h. in diesem Beispiel in fünf zellenförmig nebeneinander angeordnet Module M61 bis M65, wobei die in jedem Modul M61 bis M65 angeordneten Lichtquellen 07 jeweils Licht zum Beleuchtungsstreifen 01 emittieren. Das vom Beleuchtungsstreifen 01 remittierte Licht wird von dem im Abstand A09 von der Oberfläche 02 des Materials 03 angeordneten Detektor 09 der Erfassungseinrichtung 08 innerhalb eines sich längs zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 öffnenden, räumlichen Erfassungswinkels  $\alpha$  erfasst, wobei der Erfassungswinkel  $\alpha$  in diesem Beispiel derart bemessen ist, dass er das vom Beleuchtungsstreifen 01 remittierte Licht über die gesamte Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 erfasst. Der Erfassungswinkel  $\alpha$  bildet an der Oberfläche 02 des Materials 03 eine Querschnittsfläche aus, sodass der Erfassungswinkel  $\alpha$  zumindest einen Teil einer sich über die Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 erstreckenden Querschnittsfläche des von der Beleuchtungseinrichtung 06 emittierten Lichtestrahlenbündels erfasst. Die vom Erfassungswinkel  $\alpha$  erfasste Querschnittsfläche ist vorzugsweise zumindest so groß wie die auf der Oberfläche 02 des Materials 03 durch die Länge L01 und Breite B01 des Beleuchtungsstreifens 01 aufgespannte Fläche. In Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 sind die Beleuchtungseinrichtung 06 und die Erfassungseinrichtung 08 vorzugsweise derart voneinander beabstandet angeordnet, dass das von den Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 zur Oberfläche 02 des Materials 03 emittierte Licht von der Oberfläche 02 des Materials 03 zum Detektor 09 der Erfassungseinrichtung 08 entsprechend der Gesetzmäßigkeit „Einfallswinkel ist gleich Ausfallwinkel“ remittiert wird. Der aufgrund des „Einfallwinkels“ erwartete „Ausfallwinkel“, d. h. der Reflexionswinkel, kann jedoch in Abhängigkeit von der

Beschaffenheit der Oberfläche 02 des Materials 03, insbesondere in Abhängigkeit von deren Struktur, insbesondere Mikrostrukturen, auch von der vorgenannten, von einer vollständig spiegelnden Fläche ausgehenden Idealbedingung abweichen.

Die Qualität eines mit der Erfassungseinrichtung 08 durch Erfassung des vom Beleuchtungsstreifen 01 remittierten Lichtes aufgenommenen Bildes ist maßgeblich davon abhängig, dass die Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 Licht konstanter Lichtstärke emittieren. Denn Schwankungen in der Lichtstärke des von den Lichtquellen 07 emittierten Lichtes führen in der Erfassungseinrichtung 08 bezüglich des der Bildverarbeitungseinrichtung 24 zugeführten Signals zu demselben Ergebnis wie Änderungen in der Beschaffenheit der Oberfläche 02 des angestrahlten Materials 03, sodass in der Bildverarbeitungseinrichtung 24 die Ursachen einer Signaländerung nicht unterschieden werden können. Unter diesen Umständen lassen sich aus einer in der Bildverarbeitungseinrichtung 24 vorgenommenen Bildauswertung keine verlässlichen Aussagen über die Beschaffenheit der Oberfläche 02 des angestrahlten Materials 03 gewinnen.

Abhilfe bieten hier Maßnahmen, die die Lichtstärke des von den Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 emittierten Lichtes konstant halten. Die in der Beleuchtungseinrichtung 06 verwendeten Lichtquellen 07 sind vorzugsweise als lichtstarke Leuchtdioden 07 oder Laserdioden 07 ausgebildet, deren Lichtstärke temperaturabhängig ist. Im Folgenden werden zur Erzielung einer konstanten Lichtstärke Maßnahmen zur Temperaturstabilisierung der auf dem Träger 21 angeordneten Lichtquellen 07 beschrieben. Der Vorteil der vorgeschlagenen Lösung besteht darin, dass die thermische Last der Lichtquellen 07 direkt am Entstehungsort abgeführt wird, wodurch sich kurze Regelzeiten erreichen lassen.

Die Lichtquellen 07 sind vorzugsweise auf einer mit weiteren elektronischen Bauelementen bestückbaren und mit Leiterbahnen versehenen Platine 21 angeordnet.

Der Halbleiter der Leuchtdioden 07 oder Laserdioden 07 steht vorzugsweise in direktem Berührungskontakt mit der Platine 21, die z. B. als MCPCB (metal core printed circuit board) oder als eine Platine 21 mit einem Kern aus Aluminium ausgebildet ist und an ihrer die Leuchtdioden 07 oder Laserdioden 07 tragenden Montageseite 32 zur Ausbildung eines möglichst geringen Wärmeübergangswiderstandes nur eine sehr dünne Auflage auf ihrem wärmeleitenden Untergrund aufweist.

Fig. 13 zeigt eine Platine 21 mit mehreren darauf zeilenförmig angeordneten Lichtquellen 07, wobei die Platine 21 ihrerseits auf einem Träger 27 angeordnet ist, wobei der Träger 27 vorzugsweise in seinem Inneren vorzugsweise unterhalb der zeilenförmigen Anordnung der Lichtquellen 07 mindestens einen Kanal 28 aufweist, wobei ein flüssiges oder gasförmiges Kühlmedium, z. B. Wasser oder Luft, den Kanal 28 durchströmt. Vorzugsweise stirnseitig am Träger 27 sind zur Zuführung und Abführung des Kühlmediums eine mit einem Vorlauf verbundene Öffnung 29 und eine mit einem Rücklauf verbundene Öffnung 31 vorgesehen, wobei das Kühlmedium den Träger 27 z. B. geradlinig durchströmt. Fig. 14 zeigt einen Träger 27, den das Kühlmedium in zwei einander entgegengesetzten Richtungen durchströmt, wodurch im Träger 27 ein entlang der zeilenförmigen Anordnung der Lichtquellen 07 ausgeglichenes Temperaturprofil erreicht wird. Dazu kann der Kanal 28 an einem Ende des Trägers 27 um 180° umgelenkt sein.

Eine nicht dargestellte Regeleinrichtung kann die Temperatur des Kühlmediums am Vorlauf und die durch den Kanal 28 strömende Durchflussmenge konstant halten. Alternativ kann die Regeleinrichtung auch eine Differenz zwischen der Temperatur des Kühlmediums am Vorlauf und der Temperatur des Kühlmediums am Rücklauf konstant halten. Dabei ist weniger die absolute Temperatur des Kühlmediums von Bedeutung, sondern vielmehr, dass eine für die Lichtquellen 07 maximal zulässige Temperatur, die sich aus den Wärmeübergangswiderständen der beteiligten Werkstoffe ergibt, nicht überschritten wird, was von der Regeleinrichtung durch eine Überwachung der

Temperatur und einen darauf reagierenden Regelungseingriff verhindert wird. Wenn ein in seiner Temperatur oder Durchflussmenge regelbares Kühlmedium nicht zur Verfügung steht, kann die Kühlung der Lichtquellen 07 auch über ein externes, nicht mit der Platine 21 verbundenes Kühlgerät (nicht dargestellt) erfolgen.

Eine Alternative zur Verwendung eines strömenden Kühlmediums zeigt die Fig. 15. Die mit den Lichtquellen 07 bestückte Platine 21 ist auf einem Träger 27 angeordnet, wobei der Träger 27 seinerseits auf mindestens einem Peltierelement 33, vorzugsweise aber mehreren Peltierelementen 33, angeordnet ist, wobei die Peltierelemente 33 jeweils mit einem vom Träger 27 thermisch getrennten Kühlkörper 34 verbunden sind. Eine notwendige Temperaturmessung zur Regelung des mindestens einen Peltierelements 33 durch eine nicht dargestellte elektronische Regeleinrichtung wird direkt an dem Träger 27 durch einen an diesem angebrachten Temperatursensor 36 vorgenommen. Bei schwankender Umgebungstemperatur schwankt dann nur die Temperatur des Kühlkörpers 34, nicht aber die Temperatur der auf der Platine 21 angeordneten Lichtquellen 07. Die elektronische Regeleinrichtung kann in der mit der Beleuchtungseinrichtung 06 verbundenen Steuereinrichtung 23 integriert sein.

Da die Bewegung des bewegten Materials 03 in einer Druckmaschine oder einer ein Druckerzeugnis weiter verarbeitenden Maschine mit einer Geschwindigkeit von mehreren Metern pro Sekunde erfolgt, z. B. 3 m/s oder mehr, wobei z. B. in einer Bogendruckmaschine 15.000 oder auch mehr Bogen 03 pro Stunde bedruckt und durch die Druckmaschine transportiert werden, ist das optische System derart auszulegen, dass von dem bewegten Material 03 eine brauchbare Bildaufnahme möglich ist. Dabei ist zu beachten, dass sich bei einer als eine Zeilenkamera 08 ausgebildeten Erfassungseinrichtung 08 die erfasste Menge des von der Oberfläche 02 des bewegten Materials 03 remittierten Lichtes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des bewegten Materials 03 ändert. Dadurch ändert sich auch die Helligkeit der Bildaufnahme. Bei größeren Geschwindigkeitsänderungen, wie sie in den genannten Maschinen

üblicherweise auftreten können, kann die Bilddurchnahme unbrauchbar werden.

Statt die Bilddurchnahme der Erfassungseinrichtung 08, z. B. der Zeilenkamera 08, mit einem Encoder mit der Geschwindigkeit des bewegten Materials 03 zu synchronisieren, wird vorgeschlagen, eine Einschaltzeit  $t_3$  einer einzelnen Lichtquelle 07 oder einer Gruppe von Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06, die vorzugsweise von einer von der Steuereinrichtung 23 gesteuerten Stromquelle 22, insbesondere einer Konstantstromquelle 22, angesteuert werden, mit einer Triggerung, d. h. einer Belichtungszeit  $t_1$  der Zeilenkamera 08 zu synchronisieren, sodass die Oberfläche 02 des bewegten Materials 03 unabhängig von der Geschwindigkeit des bewegten Materials 03 immer mit der gleichen Lichtmenge beleuchtet wird. Dadurch ergibt sich eine konstante Helligkeit für das von der Erfassungseinrichtung 08, z. B. der Zeilenkamera 08 aufgenommene Bild über einen weiten Bereich der Geschwindigkeit des bewegten Materials 03, denn die Steuereinrichtung 23 bemisst die Einschaltzeit  $t_3$  einer einzelnen Lichtquelle 07 oder einer Gruppe von Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 stets geringer als die Belichtungszeit  $t_1$  der Zeilenkamera 08.

Vorzugsweise sind – wie bereits beschrieben – in der Beleuchtungseinrichtung 06 mehrere Gruppen von Lichtquellen 07 vorgesehen, denen vorzugsweise jeweils mindestens eine Stromquelle 22, insbesondere eine Konstantstromquelle 22, zugeordnet ist. Die Einschaltzeiten  $t_3$  der Lichtquellen 07 werden von der mit der Beleuchtungseinrichtung 06 verbundenen Steuereinrichtung 23 z. B. gruppenweise oder auch einzeln unabhängig voneinander von den jeweiligen Stromquellen 22 angesteuert, sodass sich über die Länge der vorzugsweise zeilenförmig angeordneten Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 ein Lichtmengenprofil einstellen lässt. Die Einstellung eines Lichtmengenprofils vorzugsweise längs zur Länge L01 des Beleuchtungsstreifens 01 hat den Vorteil, dass Transmissionsverluste durch eine nicht dargestellte Optik der Erfassungseinrichtung 08, z. B. der Zeilenkamera 08, ausgeglichen werden können.

Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass ein z. B. mit der Steuereinrichtung 23 verbundener Lichtsensor 37 die abgestrahlte Lichtmenge der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06 misst, um anhand des Messsignals des Lichtsensors 37 die Einschaltzeit  $t_3$  der von den Stromquellen 22 mit der Steuereinrichtung 23 gesteuerten Lichtquellen 07 z. B. an ein Degradationsverhalten der Lichtquellen 07 anzupassen und mit der Ansteuerung der Lichtquellen 07 z. B. eine mit ihrer Alterung nachlassende Abstrahlung in ihrer Lichtmenge zu kompensieren. Auch kann die Steuereinrichtung 23 die Einschaltzeit  $t_3$  der Lichtquellen 07 z. B. an unterschiedliche optische Eigenschaften des zu beleuchtenden Materials 03 anpassen, insbesondere automatisch anpassen.

Fig. 16 zeigt das Zeitverhalten der Erfassungseinrichtung 08, z. B. der Zeilenkamera 08, und das der Lichtquellen 07 der Beleuchtungseinrichtung 06. Die Zeilenkamera 08 wird gemäß dem oberen, ersten Zeitverlauf zu einem bestimmten Zeitpunkt eingeschaltet, sodass zu diesem Zeitpunkt die Belichtungsdauer  $t_1$  der Zeilenkamera 08 beginnt. Nach Ablauf der Belichtungsdauer  $t_1$  folgt unmittelbar eine von der Geschwindigkeit des bewegten Materials 03 abhängige Auszeit  $t_2$  zwischen zwei in der Bewegungsrichtung 04 des Materials 03 einander nachfolgenden, benachbarten Bildzeilen der Zeilenkamera 08. Zumindest eine in Abhängigkeit von der Steuerung der Zeilenkamera 08 getriggerte Lichtquelle 07 wird gemäß dem mittleren, zweiten Zeitverlauf in der Fig. 16 von der von der Steuereinrichtung 23 gesteuerten Stromquelle 22 gleichzeitig mit der Belichtungsdauer  $t_1$  der Zeilenkamera 08 angesteuert, wobei nach einer Verzögerungszeit  $t_4$  für die Einschaltung der Lichtquelle 07, d. h. nach einer physikalisch bedingten Zeit bis zum Beginn ihrer Lichtemission, diese Lichtquelle 07 dann für die Einschaltzeit  $t_3$  eingeschaltet bleibt, wobei die Einschaltzeit  $t_3$ , vorzugsweise auch eine Summe bestehend aus der Verzögerungszeit  $t_4$  und der Einschaltzeit  $t_3$ , geringer bemessen ist als die Belichtungsdauer  $t_1$  der Zeilenkamera 08. Das Zeitverhalten für die Zeilenkamera 08 und die Lichtquellen 07 wiederholt sich periodisch in der zuvor beschriebenen festen Korrelation. Nur als Vergleich zu der in ihrer Einschaltzeit  $t_3$  getriggerten Lichtquelle 07 ist in dem unteren, dritten Zeitverlauf der Fig. 16 das

W1.2258PCT

2005-03-15

25

Zeitverhalten der Einschaltzeit  $t_5$  für eine Konstantlichtquelle dargestellt.

**Bezugszeichenliste**

- 01 Gebilde, Beleuchtungsstreifen
- 02 Oberfläche
- 03 Material, Bogen, Materialbahn, Bedruckstoff, Wertpapier, Banknote
- 04 Bewegungsrichtung
- 05 –
- 06 Beleuchtungseinrichtung
- 07 Lichtquelle, Leuchtdiode, Laserdiode
- 08 Erfassungseinrichtung, Kamera, Zeilenkamera, Farbzeilenkamera
- 09 Detektor, CCD-Array, Photodiode
- 10 –
- 11 Spiegel, erster
- 12 Wirkfläche
- 13 Zentralstrahl
- 14 zentraler Bereich
- 15 –
- 16 Spiegel, zweiter
- 17 Wirkfläche
- 18 Linse
- 19 Teilbereich
- 20 –
- 21 Platine
- 22 Stromquelle, Konstantstromquelle
- 23 Steuereinrichtung
- 24 Bildverarbeitungseinrichtung
- 25 –
- 26 Trennfuge
- 27 Träger

28 Kanal  
29 Öffnung  
30 –  
31 Öffnung  
32 Montageseite  
33 Peltierelement  
34 Kühlkörper  
35 –  
36 Temperatursensor  
37 Lichtsensor  
38 Streukörper  
39 Reflektormodul  
40 –  
41 Montageelement

A07 Abstand

A09 Abstand

A18 Abstand

B01 Breite

B03 Breite

B06 Länge

L01 Länge

Z18 Zentrum

AH1 Hüllfläche, erste

AH2 Hüllfläche, zweite

AK Fläche, Kugeloberfläche

M61 Modul

M62 Modul

M63 Modul

M64 Modul

M65 Modul

t1 Belichtungsdauer

t2 Auszeit

t3 Einschaltzeit

t4 Verzögerungszeit

t5 Einschaltzeit

$\alpha$  Erfassungswinkel

$\omega$  Raumwinkel

**Ansprüche**

1. Optisches System zur Erzeugung eines Beleuchtungsstreifens (01) auf einer Oberfläche (02) eines Materials (03), wobei eine Beleuchtungseinrichtung (06) mit mehreren Lichtquellen (07) in einem Abstand (A07) von der Oberfläche (02) des Materials (03) angeordnet ist, wobei die Beleuchtungseinrichtung (06) mit ihren Licht emittierenden Lichtquellen (07) auf der Oberfläche (02) des relativ zur Beleuchtungseinrichtung (06) bewegten Materials (03) den Beleuchtungsstreifen (01) erzeugt, wobei die Beleuchtungseinrichtung (06) einen das von den Lichtquellen (07) emittierte Licht auf den Beleuchtungsstreifen (01) bündelnden Spiegel (11; 16) und an ihrer der Oberfläche (02) des Materials (03) zugewandten Lichtaustrittsseite einen Streukörper (38) aufweist, wobei die Beleuchtungseinrichtung (06) mindestens ein den Streukörper (38) und den Spiegel (11; 16) aufweisendes Reflektormodul (39) aufweist, wobei die Lichtquellen (07) ihr Licht in das Reflektormodul (39) einspeisen, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Lichtquelle (07) emittierte Strahlung längs zur Länge (L01) des Beleuchtungsstreifens (01) stärker gebündelt ist als die Strahlung längs zu dessen Breite (B01).
2. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinrichtung (06) aus mehreren aneinander gereihten Modulen (M61 bis M65) jeweils mit mehreren nebeneinander angeordneten Lichtquellen (07) besteht.
3. Optisches System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere der aneinander gereihten Module (M61 bis M65) mindestens ein Reflektormodul (39) aufweisen.
4. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (07) in Gruppen eingeteilt sind.
5. Optisches System nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine

Steuereinrichtung (23) vorgesehen ist, wobei die Steuereinrichtung (23) eine Gruppe von Lichtquellen (07) unabhängig von mindestens einer anderen Gruppe von Lichtquellen (07) steuert.

6. Optisches System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine einer Breite (B03) des zu beleuchtenden Materials (03) entsprechende Zeilenlänge der aus mehreren aneinander gereihten Modulen (M61 bis M65) zusammengesetzten Beleuchtungseinrichtung (06) durch ein Einschalten von den Lichtquellen (07) der betroffenen Module (M61 bis M65) aktivierbar ist.
7. Optisches System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine der Länge (L01) des Beleuchtungsstreifens (01) entsprechende Zeilenlänge der aus mehreren aneinander gereihten Modulen (M61 bis M65) zusammengesetzten Beleuchtungseinrichtung (06) durch ein Einschalten von den Lichtquellen (07) der betroffenen Module (M61 bis M65) aktivierbar ist.
8. Optisches System zur Erzeugung eines Beleuchtungsstreifens (01) auf einer Oberfläche (02) eines Materials (03), wobei eine Beleuchtungseinrichtung (06) mit mehreren Lichtquellen (07) in einem Abstand (A07) von der Oberfläche (02) des Materials (03) angeordnet ist, wobei die Beleuchtungseinrichtung (06) mit ihren Licht emittierenden Lichtquellen (07) auf der Oberfläche (02) des relativ zur Beleuchtungseinrichtung (06) bewegten Materials (03) den Beleuchtungsstreifen (01) erzeugt, wobei die Beleuchtungseinrichtung (06) aus mehreren in ihrer Längsrichtung aneinander gereihten Modulen (M61 bis M65) besteht, wobei jedes Modul (M61 bis M65) jeweils mindestens eine Lichtquelle (07) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass eine mit der Beleuchtungseinrichtung (06) verbundene Steuereinrichtung (23) die jeweils mindestens eine Lichtquelle (07) von mindestens zwei unterschiedlichen Modulen (M61 bis M65) unabhängig von der mindestens einen Lichtquelle (07) des jeweils anderen Moduls (M61 bis M65) steuert.

9. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinrichtung (06) einen das von der mindestens einen Lichtquelle (07) emittierte Licht auf den Beleuchtungsstreifen (01) bündelnden Spiegel (11; 16) aufweist.
10. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinrichtung (06) an ihrer der Oberfläche (02) des Materials (03) zugewandten Lichtaustrittsseite einen Streukörper (38) aufweist.
11. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinrichtung (06) mindestens ein Reflektormodul (39) aufweist.
12. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Modul (M61 bis M65) mindestens ein Reflektormodul (39) aufweist.
13. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Lichtquelle (07) jedes Moduls (M61 bis M65) ihr Licht jeweils in das Reflektormodul (39) einspeist.
14. Optisches System nach Anspruch 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflektormodul (39) den Streukörper (38) und den Spiegel (11; 16) in einem einzigen Bautell ausbildet.
15. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Modul (M61 bis M65) mindestens eine Gruppe von mehreren Lichtquellen (07) aufweist.
16. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass alle Lichtquellen (07) derselben Gruppe ihr Licht jeweils in dasselbe Reflektormodul (39) einspeisen.

17. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Modul (M61 bis M65) eine Steuereinrichtung (23) zur Steuerung der mindestens einen Lichtquelle (07) jedes Moduls (M61 bis M65) aufweist.
18. Optisches System nach Anspruch 2 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Trennfuge (26) zwischen zwei benachbarten Modulen (M61 bis M65) schräg zur Länge (L01) des Beleuchtungsstreifens (01) angeordnet ist.
19. Optisches System nach Anspruch 2 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Module (M61 bis M65) der Beleuchtungseinrichtung (06) funktionsgleich ausgebildet sind.
20. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (07) auf einer von einem Kühlmedium gekühlten Platine (21) angeordnet sind.
21. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (07) und ihre jeweilige Stromquelle (22) auf derselben Platine (21) angeordnet sind.
22. Optisches System nach Anspruch 1, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflektormodul (39) auf der die Lichtquellen (07) tragenden Platine (21) oder auf dem Träger (27) angeordnet ist.
23. Optisches System nach Anspruch 1 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Streukörper (38) an der Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls (39) als eine Rillenstruktur ausgebildet ist.

24. Optisches System nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Rillenstruktur des Streukörpers (38) an der Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls (39) angeformt ist.
25. Optisches System nach Anspruch 1, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflektormodul (39) eine sich in Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung (06) erstreckende Vertiefung aufweist.
26. Optisches System nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefung die Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls (39) in zwei Teilbereiche teilt, wobei mindestens einer dieser Teilbereiche der Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls (39) seinerseits als eine Linse ausgebildet ist.
27. Optisches System nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Teilbereiche der Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls (39) gleich breit ausgebildet sind.
28. Optisches System nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass der als eine Linse ausgebildete Teilbereich der Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls (39) als eine Konvexlinse ausgebildet ist.
29. Optisches System nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer dieser Teilbereiche der Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls (39) den an der Lichtaustrittsfläche des Reflektormoduls (39) austretenden Lichtstrom in Richtung des auf der Oberfläche (02) des Materials (03) auszubildenden Beleuchtungsstreifens (01) bündelt.
30. Optisches System nach Anspruch 1 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflektormodul (39) als ein massives Formteil ausgebildet ist, wobei in dem Formteil

keine optisch relevante Grenzfläche den Streukörper (38) von dem mindestens einen Spiegel (11; 16) trennt.

31. Optisches System nach Anspruch 1 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Streukörper (38) als ein Lentikular oder als eine Prismenfolie ausgebildet ist.
32. Optisches System nach Anspruch 1, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (07) an der der Lichtaustrittsseite diametral gegenüberliegenden Seite des Reflektormoduls (39) angeordnet sind.
33. Optisches System nach Anspruch 1, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (07) an der der Lichtaustrittsseite diametral gegenüberliegenden Seite des Reflektormoduls (39) in das Reflektormodul (39) eingesenkt sind.
34. Optisches System nach Anspruch 1, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflektormodul (39) aus einem Kunststoff gefertigt ist.
35. Optisches System nach Anspruch 1, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflektormodul (39) aus einem transparenten Kunststoff gefertigt ist.
36. Optisches System nach Anspruch 1, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflektormodul (39) spritzgießtechnisch gefertigt ist.
37. Optisches System nach Anspruch 1, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflektormodul (39) in Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung (06) aus mehreren aneinandergereihten Segmenten aufgebaut ist, wobei jedes Segment den von einer der Lichtquellen (07) in das Reflektormodul (39) eingespeisten Lichtstrahlengang formt.

38. Optisches System nach Anspruch 1, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflektormodul (39) das von den Lichtquellen (07) emittierte Licht hinsichtlich des Beleuchtungsstreifens (01) formt und homogenisiert.
39. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinrichtung (06) den Beleuchtungsstreifen (01) mit einer sich auf der Oberfläche (02) des Materials (03) orthogonal zu seiner Länge (L01) erstreckenden Breite (B01) ausbildet.
40. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Beleuchtungsstreifen (01) außerhalb eines im Strahlengang liegenden Brennpunktes des von den Lichtquellen (07) emittierten Lichtes angeordnet ist.
41. Optisches System nach Anspruch 1 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Spiegel (11) mindestens eine längs zur Länge (L01) und/oder zur Breite (B01) des Beleuchtungsstreifens (01) gerichtete Wirkfläche (12) aufweist.
42. Optisches System nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, dass der Spiegel (11) mit seiner Wirkfläche (12) das von mindestens einer der Lichtquellen (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) in einen Raumwinkel ( $\omega$ ) emittierte Licht auf eine kleinere erste Hüllfläche (AH1) als die zu dem Raumwinkel ( $\omega$ ) gehörende Kugelfläche (AK) einschränkt.
43. Optisches System nach Anspruch 1 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiterer Spiegel (16) mit mindestens einer Wirkfläche (17) in einem den Strahlengang des Zentralstrahls (13) umgebenden zentralen Bereich (14) innerhalb des Raumwinkels ( $\omega$ ) des von mindestens einer der Lichtquellen (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) emittierten Lichtes angeordnet ist.

44. Optisches System nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Wirkfläche (17) des weiteren Spiegels (16) das von mindestens einer der Lichtquellen (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) emittierte Licht zunächst gegen mindestens eine längs zur Länge (L01) und/oder zur Breite (B01) des Beleuchtungsstreifens (01) gerichtete Wirkfläche (12) des ersten Spiegels (11) und dann mit der Wirkfläche (12) des ersten Spiegels (11) zum Beleuchtungsstreifen (01) umlenkt.
45. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Linse (18) in einem den Strahlengang des Zentralstrahls (13) umgebenden zentralen Bereich (14) innerhalb des Raumwinkels ( $\omega$ ) des von mindestens einer der Lichtquellen (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) emittierten Lichtes angeordnet ist.
46. Optisches System nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Linse (18) zumindest einen Teil des von mindestens einer der Lichtquellen (07) in den Raumwinkel ( $\omega$ ) emittierten, von der Wirkfläche (12) des ersten Spiegels (11) nicht auf den Beleuchtungsstreifen (01) umgelenkten Lichtes bündelt.
47. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Lichtquelle (07) emittierte Strahlung längs zur Länge (L01) des Beleuchtungsstreifens (01) stärker gebündelt ist als die Strahlung längs zu dessen Breite (B01).
48. Optisches System nach Anspruch 1, 9 oder 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung der Spiegel (11; 16) und/oder die Linse (18) integrativ in dem Reflektormodul (39) ausgebildet sind.
49. Optisches System nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, dass der Raumwinkel ( $\omega$ ) eine aus einer Kugel ausgeschnittene Fläche (AK) bis zur Größe

einer Halbkugel aufspannt.

50. Optisches System nach Anspruch 1 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine längs zur Länge (L01) des Beleuchtungsstreifens (01) gerichtete Wirkfläche (12) des ersten Spiegels (11) das in den Raumwinkel ( $\omega$ ) emittierte Licht von mindestens einer der Lichtquellen (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) stärker auf eine kleinere zweite Hüllfläche (AH2) einschränkt als die mindestens eine längs zur Breite (B01) des Beleuchtungsstreifens (01) gerichtete Wirkfläche (12) des ersten Spiegels (11).
51. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Lichtquelle (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) einen ersten Spiegel (11) mit mindestens zwei zu einem von der Lichtquelle (07) emittierten Zentralstrahl (13) symmetrischen Wirkflächen (12) aufweist.
52. Optisches System nach Anspruch 1 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Wirkfläche (12) des ersten Spiegels (11) plan oder konkav ausgebildet ist.
53. Optisches System nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Wirkfläche (17) des zweiten Spiegels (16) plan oder konkav ausgebildet ist.
54. Optisches System nach Anspruch 1 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass an jeder einzelnen Lichtquelle (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) jeweils ein erster Spiegel (11) mit mindestens einer Wirkfläche (12) zumindest längs zur Breite (B01) des Beleuchtungsstreifens (01) vorgesehen ist.
55. Optisches System nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Linse (18) als eine bikonvexe Linse (18) ausgebildet ist.

56. Optisches System nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Lichtquelle (07) und einem Zentrum (Z18) der Linse (18) ein Abstand (A18) besteht, wobei der Abstand (A18) geringer als die Hälfte des Abstandes (A07) zwischen der Lichtquelle (07) und der Oberfläche (02) des Materials (03) ist.
57. Optisches System nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Linse (18) nicht rotationssymmetrisch ausgebildet ist.
58. Optisches System nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, dass sich die jeweiligen Raumwinkel ( $\omega$ ) oder zumindest die Hüllflächen (AH1; AH2) des von mindestens zwei benachbarten Lichtquellen (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) emittierten Lichtes zumindest in einem den Beleuchtungsstreifen (01) beleuchtenden Teilbereich (19) überlagern.
59. Optisches System nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, dass sich die jeweiligen Raumwinkel ( $\omega$ ) oder zumindest die Hüllflächen (AH1; AH2) des von mindestens zwei benachbarten, in zwei benachbarten Modulen (M61 bis M65) angeordneten Lichtquellen (07) emittierten Lichtes zumindest in ihrem den Beleuchtungsstreifen (01) beleuchtenden Teilbereich (19) überlagern.
60. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass alle Lichtquellen (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) gleichartig ausgebildet sind.
61. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) als Leuchtdioden (07) oder als Laserdioden (07) ausgebildet sind.
62. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) monochromes Licht emittieren.

63. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsrichtung (04) des Materials (03) linear ist.
64. Optisches System nach Anspruch 1 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (07) zeilenförmig angeordnet sind.
65. Optisches System nach Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, dass die zeilenförmig angeordneten Lichtquellen (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) parallel zur Länge (L01) des Beleuchtungsstreifens (01) angeordnet sind.
66. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsrichtung (04) des Materials (03) im Wesentlichen parallel zur Breite (B01) des Beleuchtungsstreifens (01) gerichtet ist.
67. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Material (03) zumindest im Bereich des Beleuchtungsstreifens (01) nicht gewölbt ist.
68. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Material (03) ebenflächig ausgebildet ist.
69. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Material (03) flach ausgebildet ist.
70. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Material (03) als ein Bogen (03) ausgebildet ist.
71. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Material (03) als eine Materialbahn (03) ausgebildet ist.

72. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Material (03) als ein Bedruckstoff (03) ausgebildet ist.
73. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Material (03) aus Papier besteht.
74. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Material (03) als ein Wertpapier (03) oder als eine Banknote (03) ausgebildet ist.
75. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche (02) des Materials (03) ein Relief oder eine sonstige aus der Oberfläche (02) herausragende oder in die Oberfläche (02) als eine Vertiefung eingeprägte Struktur aufweist.
76. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (B01) des Beleuchtungsstreifens (01) mindestens 3 mm beträgt.
77. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (B01) des Beleuchtungsstreifens (01) mindestens 8 mm beträgt.
78. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (A07) von der Oberfläche (02) des Materials (03) zu den Lichtquellen (07) jeweils zwischen 30 mm und 200 mm beträgt.
79. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (A07) von der Oberfläche (02) des Materials (03) zu den Lichtquellen (07) jeweils zwischen 70 mm und 140 mm beträgt.

80. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (A07) zu den Lichtquellen (07) lotrecht auf der Oberfläche (02) des Materials (03) steht.
81. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Erfassungseinrichtung (08) mit mindestens einem in einem Abstand (A09) von der Oberfläche (02) des Materials (03) angeordneten Detektor (09) von den Lichtquellen (07) emittiertes Licht erfasst.
82. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Erfassungseinrichtung (08) mit mindestens einem in einem Abstand (A09) von der Oberfläche (02) des Materials (03) angeordneten Detektor (09) von der Oberfläche (02) des Materials (03) remittiertes Licht erfasst.
83. Optisches System nach Anspruch 81 oder 82, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung (08) in der Bewegungsrichtung (04) des Materials (03) mehrere einander nachfolgend angeordnete Detektoren (09) aufweist.
84. Optisches System nach Anspruch 81 oder 82, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung (08) zeilenförmig angeordnete Detektoren (09) aufweist.
85. Optisches System nach Anspruch 83, dadurch gekennzeichnet, dass zeilenförmig angeordnete Detektoren (09) der Erfassungseinrichtung (08) parallel zur Länge (L01) des Beleuchtungsstreifens (01) angeordnet sind.
86. Optisches System nach Anspruch 81 oder 82, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung (08) einen räumlichen Erfassungswinkel ( $\alpha$ ) aufweist, wobei der Erfassungswinkel ( $\alpha$ ) an der Oberfläche (02) des Materials (03) eine Querschnittsfläche ausbildet.

87. Optisches System nach Anspruch 86, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung (08) mit ihrer im Erfassungswinkel ( $\alpha$ ) liegenden Querschnittsfläche zumindest einen Teil des über die Breite (B01) des Beleuchtungsstreifens (01) von der Beleuchtungseinrichtung (06) emittierten Lichtestrahlenbündels erfasst.
88. Optisches System nach Anspruch 81 oder 82, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung (08) als eine Kamera (08) ausgebildet ist.
89. Optisches System nach Anspruch 81 oder 82, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung (08) als eine Zeilenkamera (08) ausgebildet ist.
90. Optisches System nach Anspruch 81 oder 82, dadurch gekennzeichnet, dass der Detektor (09) der Erfassungseinrichtung (08) als ein CCD-Array (09) oder als eine Gruppe von Photodioden (09) ausgebildet ist.
91. Optisches System nach Anspruch 81 oder 82, dadurch gekennzeichnet, dass der Detektor (09) der Erfassungseinrichtung (08) das erfasste remittierte Licht in ein elektrisches Signal umwandelt.
92. Optisches System nach Anspruch 91, dadurch gekennzeichnet, dass der Detektor (09) der Erfassungseinrichtung (08) das elektrische Signal einer Bildverarbeitungseinrichtung (24) zuführt.
93. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass es in einer Druckmaschine angeordnet ist.
94. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass es in

einer Rotationsdruckmaschine angeordnet ist.

95. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass es in einer in einem Offsetdruckverfahren oder in einem Stahlstichverfahren oder in einem Siebdruckverfahren oder in einem Heißprägeverfahren druckenden Druckmaschine angeordnet ist.
96. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass es in einer ein Druckerzeugnis weiterverarbeitenden Maschine angeordnet ist.
97. Optisches System nach Anspruch 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass es als ein Inline-Inspektionssystem ausgebildet ist.
98. Optisches System zur Erzeugung eines Beleuchtungsstreifens (01) auf einer Oberfläche (02) eines Materials (03), wobei eine Beleuchtungseinrichtung (06) mit ihren Lichtquellen (07) in einem Abstand (A07) von der Oberfläche (02) des Materials (03) angeordnet ist, wobei mehrere Lichtquellen (07) der Beleuchtungseinrichtung (06) in Längsrichtung dieser Beleuchtungseinrichtung (06) angeordnet sind, wobei die Beleuchtungseinrichtung (06) mit ihren Lichtemittierenden Lichtquellen (07) auf der Oberfläche (02) des relativ zur Beleuchtungseinrichtung (06) bewegten Materials (03) den Beleuchtungsstreifen (01) erzeugt, dadurch gekennzeichnet, dass eine mit der Beleuchtungseinrichtung (06) verbundene Steuereinrichtung (23) mindestens eine der in Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung (06) angeordneten Lichtquellen (07) einzeln und unabhängig von mindestens einer anderen in Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung (06) angeordneten Lichtquelle (07) steuert.
99. Optisches System nach Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, dass die mit der Beleuchtungseinrichtung (06) verbundene Steuereinrichtung (23) die in

Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung (06) angeordneten Lichtquellen (07) wahlweise aktiviert.

100. Optisches System nach Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, dass die mit der Beleuchtungseinrichtung (06) verbundene Steuereinrichtung (23) mit den in Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung (06) angeordneten Lichtquellen (07) die Länge (L01) des Beleuchtungsstreifens (01) an die Breite (B03) des zu beleuchtenden Materials (03) anpasst.
101. Optisches System nach Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, dass die mit der Beleuchtungseinrichtung (06) verbundene Steuereinrichtung (23) mit den in Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung (06) angeordneten Lichtquellen (07) in Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung (06) auf der Oberfläche (02) des Materials (03) ausgewählte Bereiche beleuchtet.
102. Optisches System nach Anspruch 101, dadurch gekennzeichnet, dass die in Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung (06) auf der Oberfläche (02) des Materials (03) beleuchteten Bereiche von unbeleuchteten oder andersfarbig beleuchteten Bereichen unterbrochen sind.
103. Optisches System nach Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, dass die in Längsrichtung der Beleuchtungseinrichtung (06) angeordneten Lichtquellen (07) in Gruppen eingeteilt sind.
104. Optisches System nach Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinrichtung (06) in ihrer Längsrichtung mehrere aneinander gereihte Module (M61 bis M65) aufweist.
105. Optisches System nach Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, dass die

Lichtquellen (07) ihr Licht jeweils in ein Reflektormodul (39) einspeisen, wobei das Reflektormodul (39) den Streukörper (38) und den Spiegel (11; 16) in einem einzigen Bauteil ausbildet.

106. Optisches System nach Anspruch 104, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Modul (M61 bis M65) jeweils mindestens eine Lichtquelle (07) oder mindestens eine Gruppe von Lichtquellen (07) aufweist.
107. Optisches System nach Anspruch 105, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Modul (M61 bis M65) mindestens ein Reflektormodul (39) aufweist.

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft optische Systeme zur Erzeugung eines Beleuchtungsstreifens auf einer Oberfläche eines Materials, wobei eine Beleuchtungseinrichtung mit mehreren Lichtquellen in einem Abstand von der Oberfläche des Materials angeordnet ist, wobei die Beleuchtungseinrichtung mit ihren Licht emittierenden Lichtquellen auf der Oberfläche des relativ zur Beleuchtungseinrichtung bewegten Materials den Beleuchtungsstreifen erzeugt, wobei die Beleuchtungseinrichtung einen das von den Lichtquellen emittierte Licht auf den Beleuchtungsstreifen bündelnden Spiegel und an ihrer der Oberfläche des Materials zugewandten Lichtaustrittsseite einen Streukörper aufweist, wobei die Beleuchtungseinrichtung mindestens ein Reflektormodul aufweist, wobei die Lichtquellen ihr Licht in das Reflektormodul einspeisen, wobei das Reflektormodul den Streukörper und den Spiegel in einem einzigen Bauteil ausbildet.

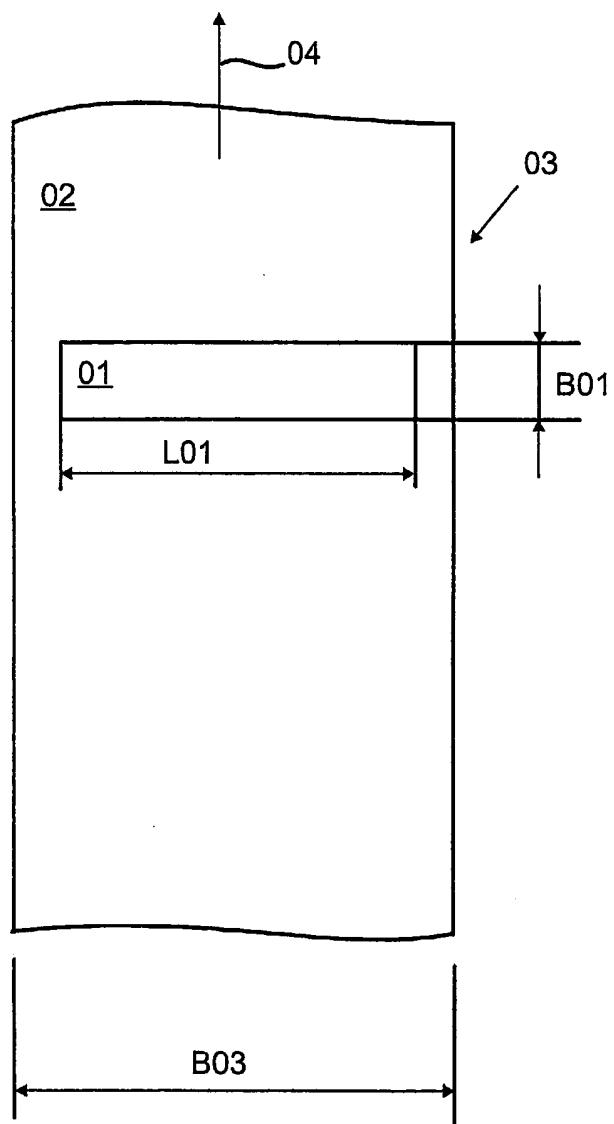


Fig. 1

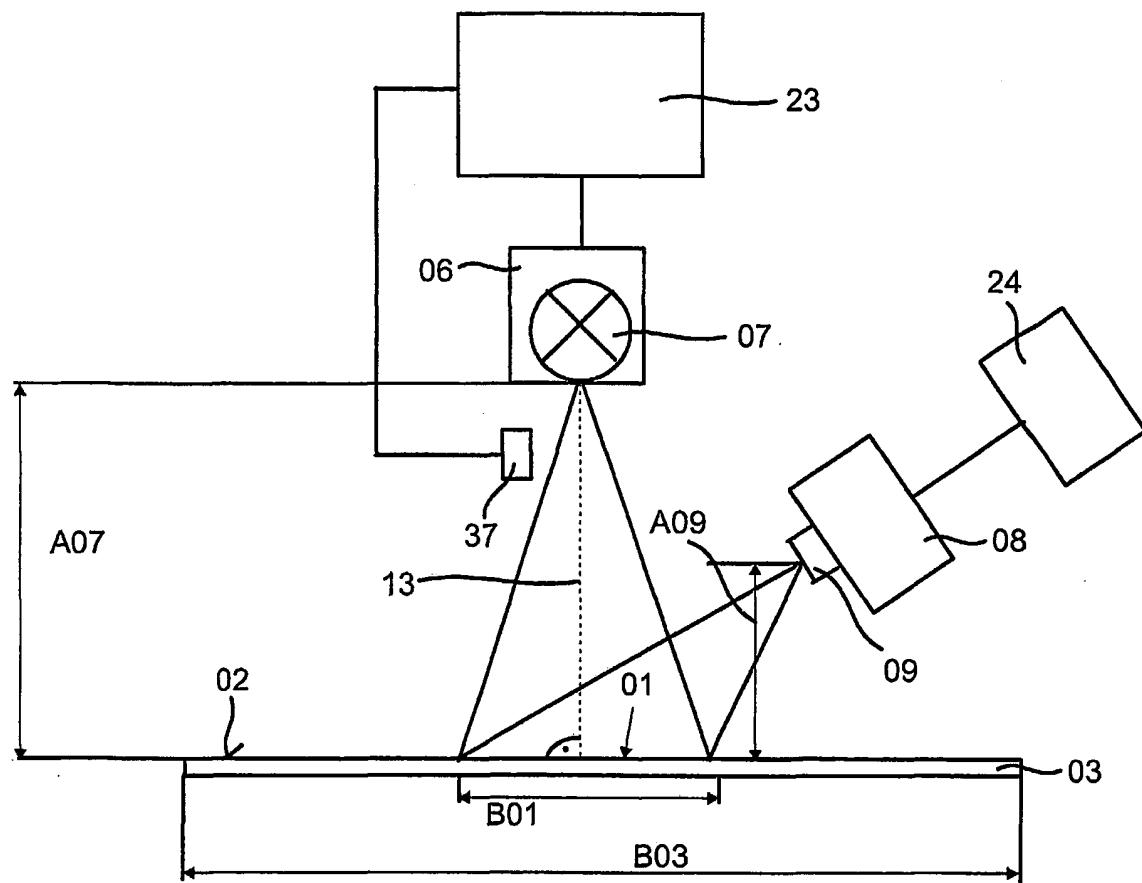


Fig. 2

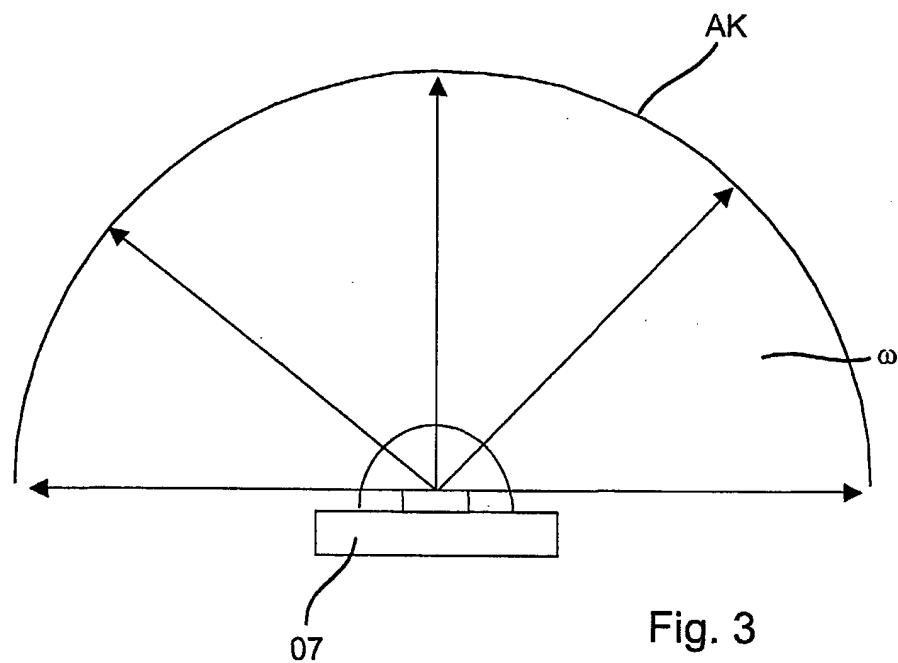


Fig. 3

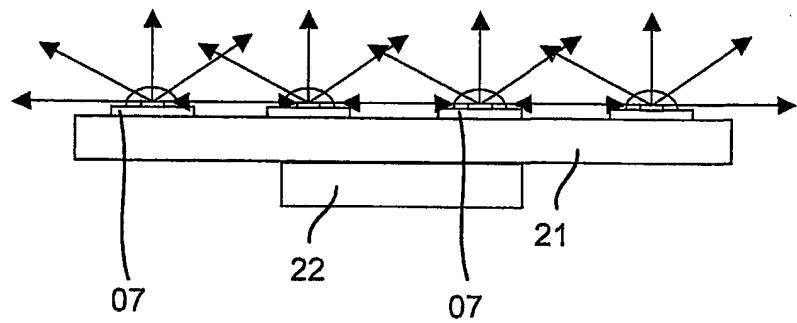


Fig. 4

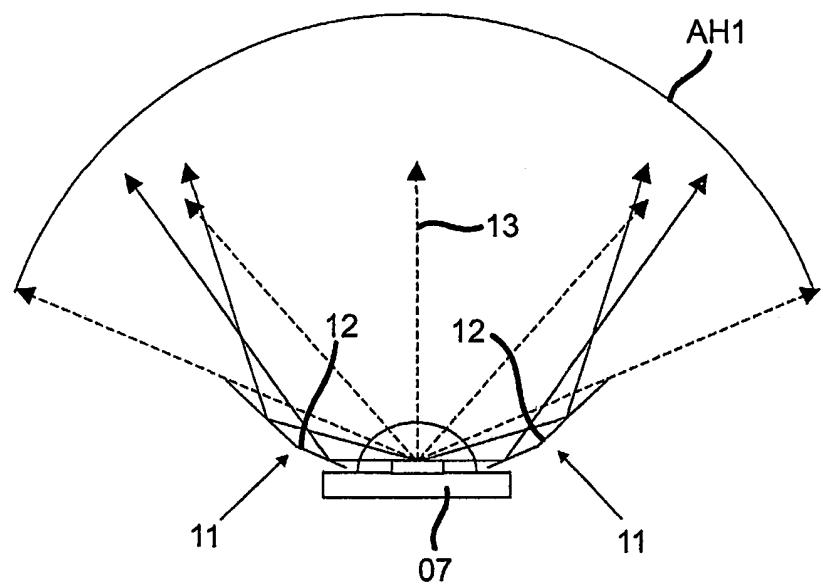


Fig. 5

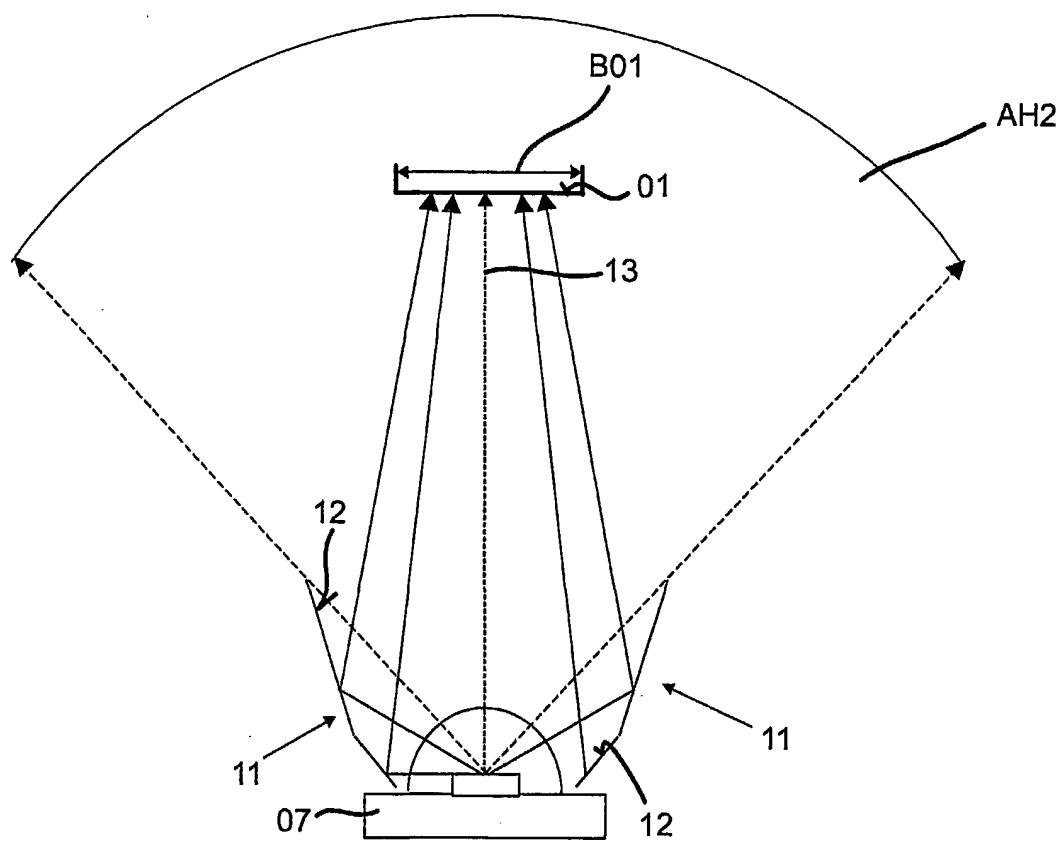


Fig. 6

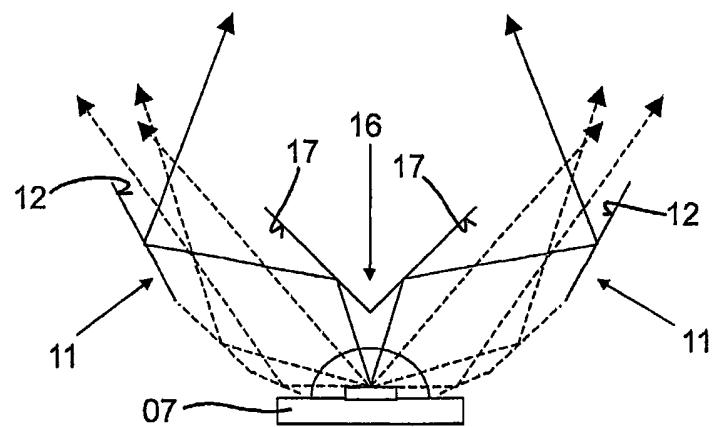


Fig. 7

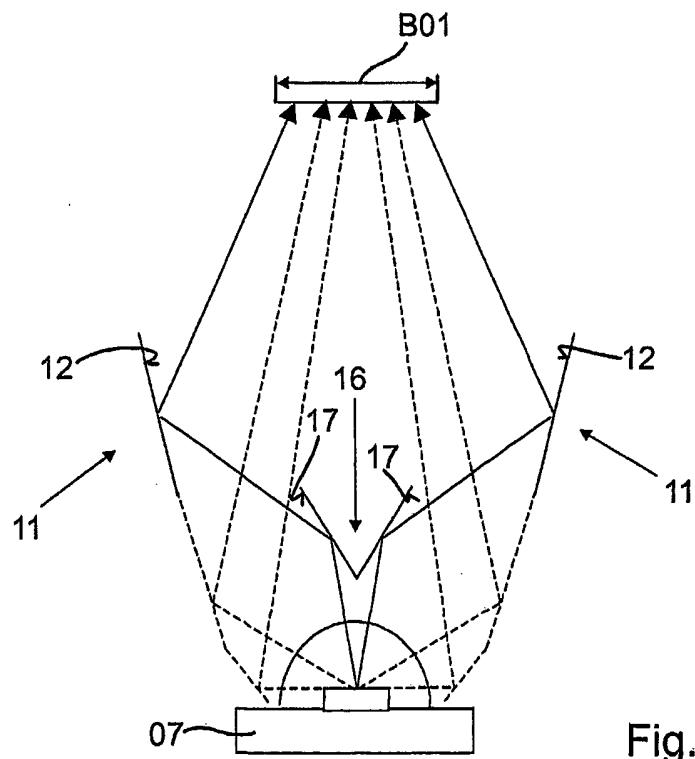


Fig. 8

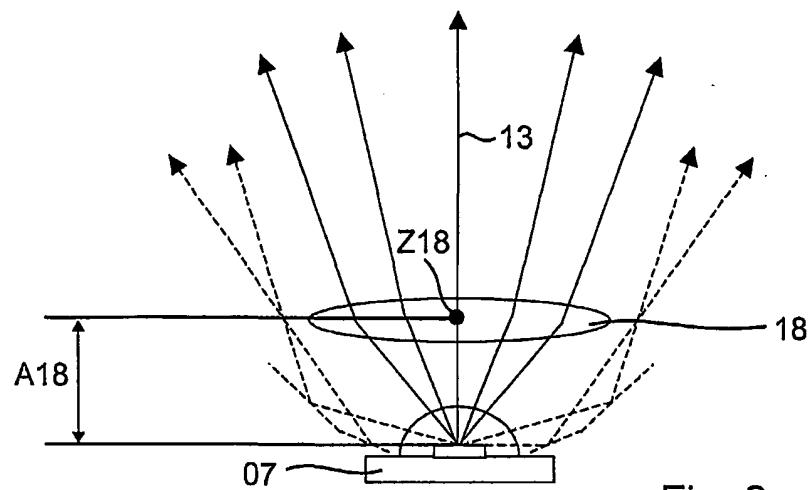


Fig. 9

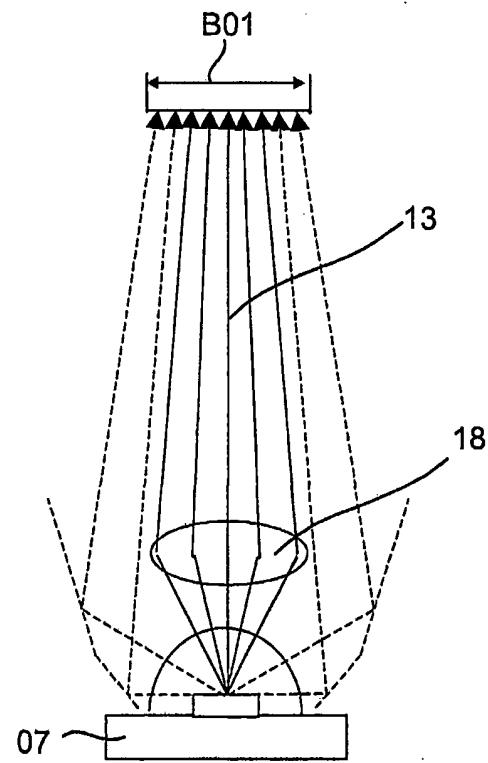


Fig. 10

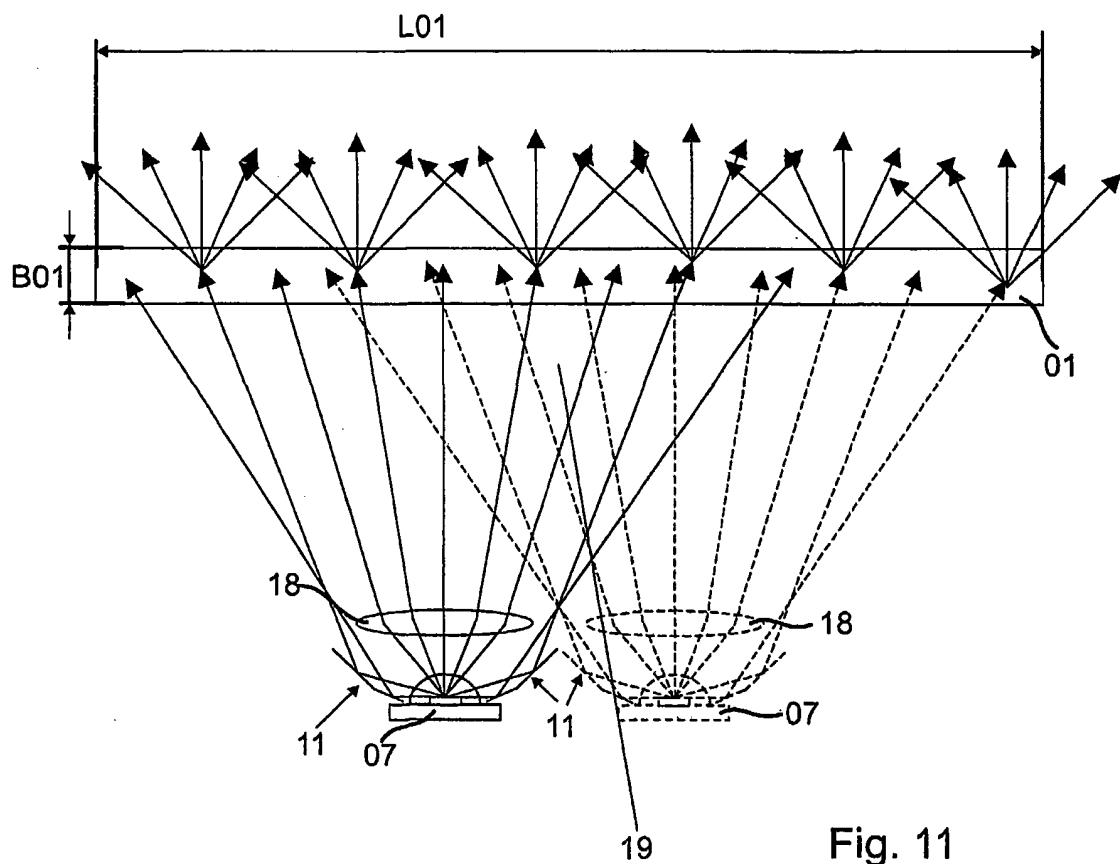


Fig. 11

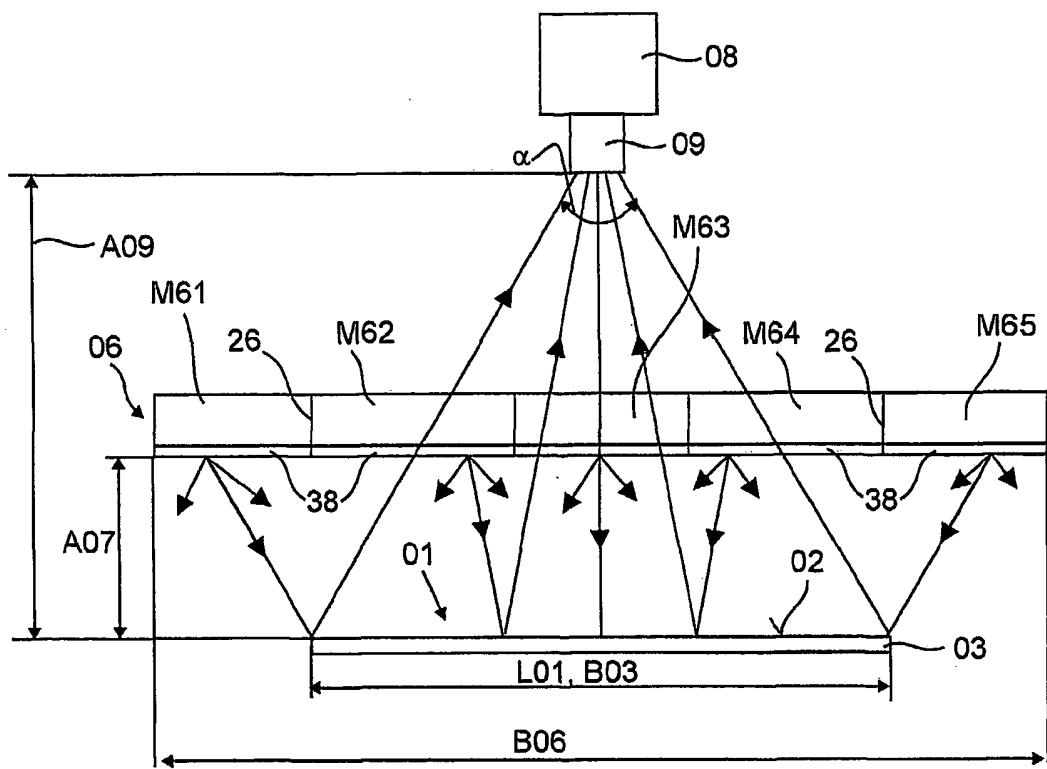


Fig. 12

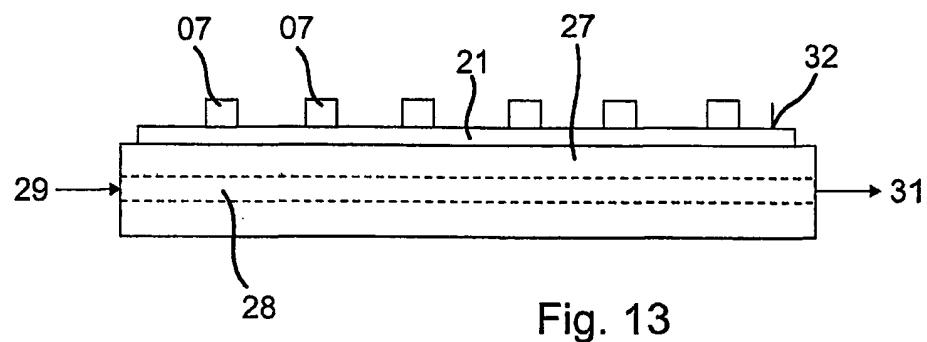


Fig. 13

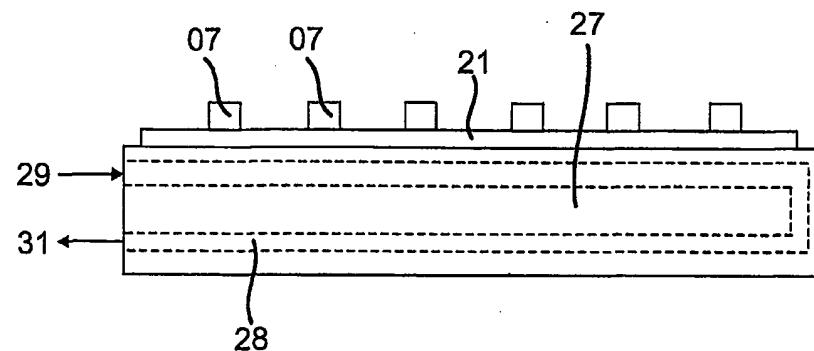


Fig. 14

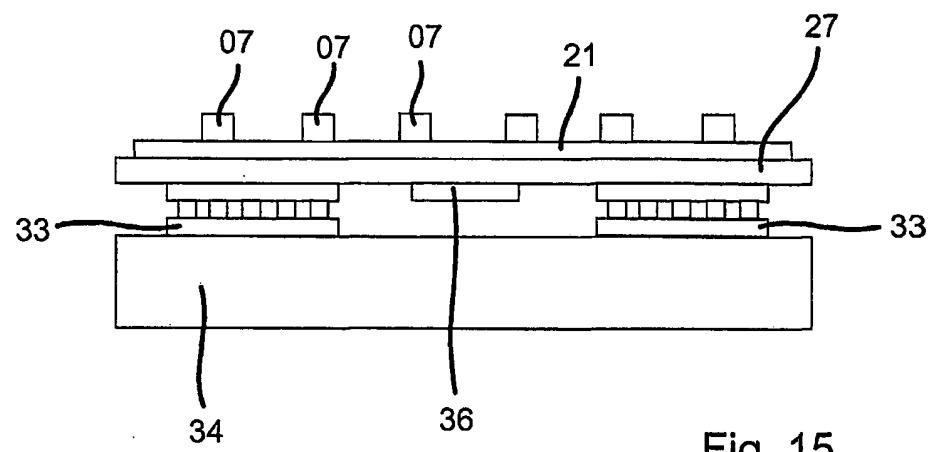


Fig. 15

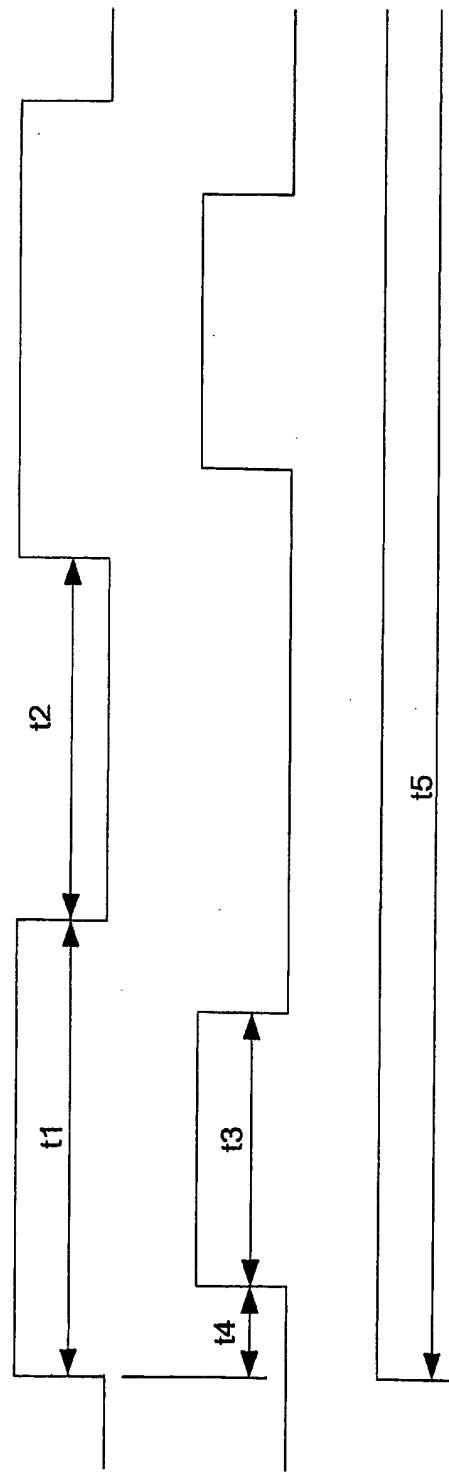


Fig. 16

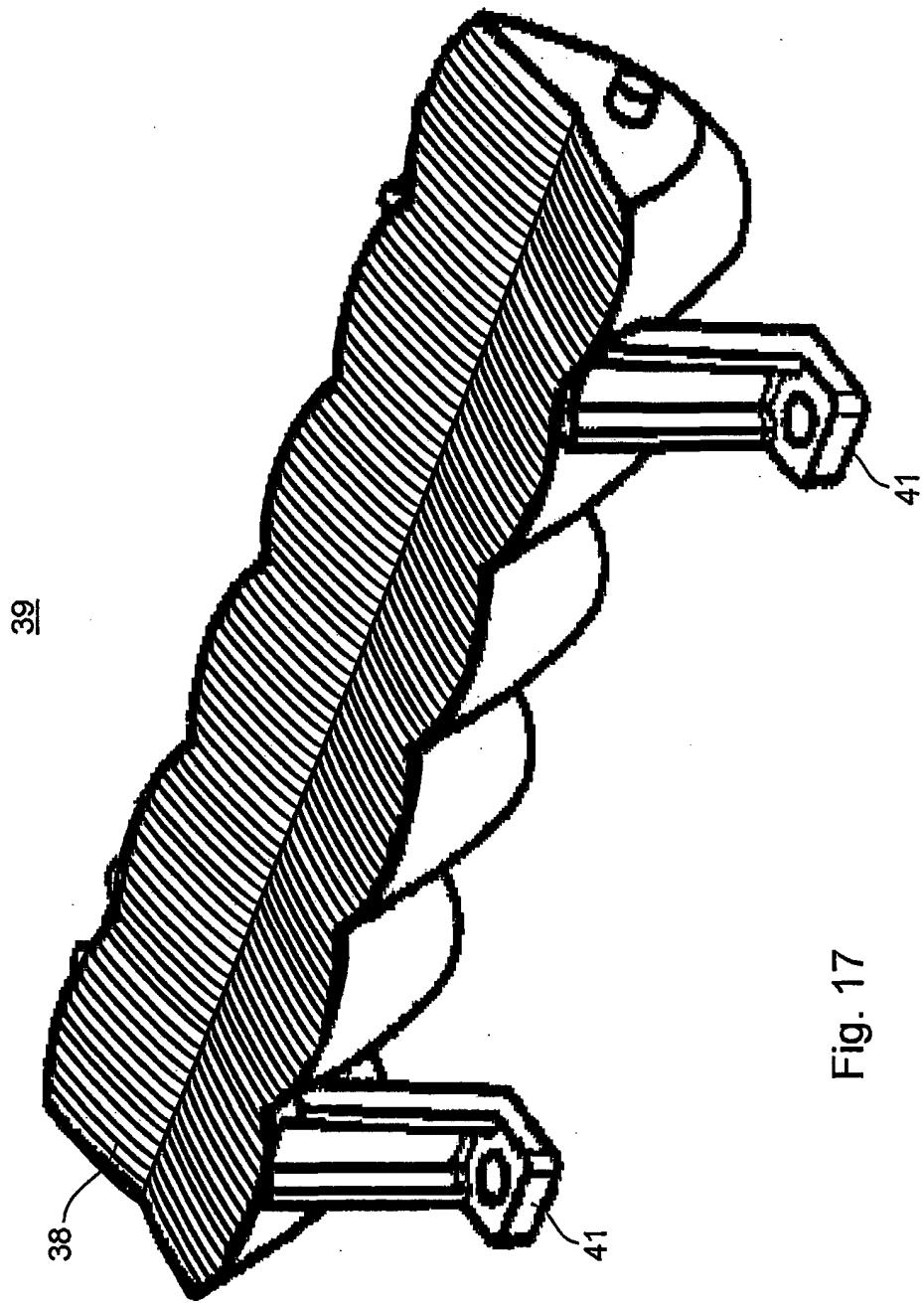


Fig. 17

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

**BLACK BORDERS**

**IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

**FADED TEXT OR DRAWING**

**BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

**SKEWED/SLANTED IMAGES**

**COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

**GRAY SCALE DOCUMENTS**

**LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

**REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

**OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**